T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BÖLMEDEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİNİN ORMAN TOPRAĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİ DİKKATE ALARAK PRIMER TRANSPORT PLANININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

ÇİĞDEM ÖZER GENÇ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ

DOÇ. DR. BURAK ARICAK

ARALIK - 2020
KASTAMONU

TEZ ONAYI

ÇİĞDEM ÖZER GENÇ tarafından hazırlanan "**BÖLMEDEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİNİN ORMAN TOPRAĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİ DİKKATE ALARAK PRIMER TRANSPORT PLANININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **04.12.2020** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Burak ARICAK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY Bursa Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ Bursa Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Korhan ENEZ Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Bahadır Çağrı BAYRAM Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Çiğdem ÖZER GENÇ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BÖLMEDEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİNİN ORMAN TOPRAĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİ DİKKATE ALARAK PRIMER TRANSPORT PLANININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

ÇİĞDEM ÖZER GENÇ

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN:DOÇ. DR. BURAK ARICAK

Ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlarını dikkate alarak yönetilmesiyle sürdürülebilir orman yönetimi sağlanabilmektedir. Dolayısı ile ormanlardan daha uzun süreli ve verimli faydalanmanın yolu en uygun müdahale ve üretim yöntemlerinin belirlenmesinden geçmektedir. Doğal şartlara açık ve toprağa bağımlı biyolojik bir varlığın işletmeciliği olan ormancılık sektörünün üretim aşamalarından biri olan bölmeden çıkarma çalışmalarında (primer transport) odun hammaddesine, kalan ağaçlara, gençliğe ve orman toprağına zarar verilebilmektedir. Bu zararlar önemli ekonomik kayıpların yanında orman ekosisteminin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından da olumsuz sonuçlara neden olmaktadır.

Yapılan çalışmada, odun hammaddesi üretim çalışmalarında kullanılan bölmeden çıkarma yöntemlerinin (traktör ile askıda sürütme (1), el vinci ile sürütme (2), kablo yöntemi ile çekim (3)), farklı eğim (%0-20, %20-33, %33<), meşcere çağı (b-bc, c-cd), toprak derinlik kademesi (0-5 cm, 5-10 cm) ve sefer sayısına (5'inci sefer tomruk geçişi, 10'uncu sefer tomruk geçişi) bağlı olarak toprak özellikleri üzerinde meydana getirdiği deformasyonlar incelenmiştir. Böylelikle belirtilen faktörlere göre toprağa en az düzeyde zarar veren en uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Samatlar Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Aksudere İşletme Şefliği'nde gerçekleştirilen çalışmada bölmeden çıkarma yöntemleri 3 eğim grubu ve 2 meşcere çağı olmak üzere toplam 6 ibreli meşcerede uygulanmıştır. İstatistiksel analizler uygulanarak iki farklı toprak derinlik kademesindeki toprak özelliklerinde meydana gelen zararlar üzerinde etkili olan faktörler incelenmiştir. Ayrıca PCA analizi ile arazi eğimi ve meşcere çağına göre toprakta meydana gelen değişimi minimize eden bölmeden çıkarma yöntemleri belirlenmiştir. En uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden entropi ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

Alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri Entropi kriter ağırlık değerleri kullanılarak TOPSIS yöntemi ile sıralamaya tabi tutulmuştur. Buna göre üst toprak (0-5 cm derinlik) için entropi yöntemine göre kriterlerin ağırlıkları değerlendirildiğinde en önemli kriter %N olup, bu sıralamayı sıkışma, %C, hacim ağırlığı ve organik madde takip etmektedir. Alt toprak (5-10 cm derinlik) için ise en önemli kriter sıkışma olup bu sıralamayı %C, %N, organik madde ve

hacim ağırlığı takip etmektedir. TOPSIS analizi sonucunda %0-20 eğim grubunda “b-bc” meşcere çağında ve her iki toprak derinlik kademesinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin “traktör ile askıda sürütme” olduğu belirlenmiştir. %0-20 eğim grubunda” c-cd” meşcere çağında üst toprak için (0-5 cm) en ideal bölmeden çıkarma yönteminin “el vinci ile sürütme”, alt toprak için (5-10 cm) ise en ideal bölmeden çıkarma yönteminin “traktör ile askıda sürütme” olduğu belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda “b-bc” meşcere çağında üst toprak (0-5 cm) derinliğinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin “traktör ile askıda sürütme”, olduğu alt toprak için (5-10 cm) ise en ideal bölmeden çıkarma yönteminin “el vinci ile sürütme” olduğu belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda ,“c-cd” meşcere çağında ise her iki toprak derinlik kademesinde de “kablo ile bölmeden çıkarma” yönteminin en fazla tavsiye edilir bölmeden çıkarma yöntemi olduğu ortaya konmuştur. %33< eğim grubunda, her iki meşcere çağında ve her iki toprak derinlik kademesinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin “el vinci ile sürütme” olduğu yapılan analizler sonucu ortaya konmuştur.

TOPSIS yöntemiyle en ideal bölmeden çıkartma yönteminin belirlenmesinde eğimin önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Genellikle %0-20 eğim grubunda “traktör ile askıda sürütme” en ideal bölmeden çıkarma yöntemi olarak belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda meşcere çağı ve toprak derinlik kademesine göre üç yönteminde kullanılabilirliği değişkenlik gösterirken, %33< eğim grubunda “el vinci ile sürütme” yönteminin en ideal bölmeden çıkarma yöntemi olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Bölmeden çıkarma, toprak zararı, PCA, Çok Kriterli Karar Verme, Entropi-TOPSIS.

Aralık 2020, 205 Sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL THESIS

DEVELOPING PRIMER TRANSPORTATION PLAN BY CONSIDERING THE EFFECTS OF LOGGING TECHNIQUES ON FOREST SOIL WITH MULTI CRITERIA DECISION SUPPORT APPROACH

CIGDEM OZER GENC

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR:ASSOC. PROF. BURAK ARICAK

Sustainable forest management can be achieved by managing forests taking into account their ecological, economic and social dimensions. Therefore, the way to make long-term and efficient use of forests is to determine the most appropriate operation and harvesting techniques. Logging operations, which is one of the harvesting stages of the forestry sector, which is the management of a biological asset that is open to natural conditions and dependent on the soil, can damage products, residual trees, youth and forest soil. These damages cause significant economic losses as well as negative consequences for the sustainability and productivity of the forest ecosystem.

In this study, the changes caused by logging techniques (suspended skidding with tractor (1), skidding with portable hand winch (2), cable pull with tractor (3)) used in harvesting operations on soil characteristics depending on different slope (0-20%, 20-33%, >33%), stand age (b-bc, c-cd), soil depth level (0-5 cm, 5-10 cm) and number of passes (5. passes, 10. passes) were examined. Thus, it is aimed to determine the appropriate logging technique, which causes the least disturbance to the soil, according to the specified factors.

In the study, carried out in Aksudere Forest Management Unit of Samatlar Forest Enterprise Directorate, logging techniques were applied in 6 different coniferous stand as 3 slope groups and 2 stand ages. By applying statistical analysis, the factors affecting the disturbances on soil properties at two soil depth levels were examined. In addition, logging techniques that minimize the change in soil according to the slope and stand age were determined by PCA analysis. Entropy and TOPSIS methods, which are among the multi-criteria decision support methods, were used to determine the most appropriate logging technique.

Alternative logging techniques were ranked by TOPSIS method using entropy criterion weight values. Accordingly, when the weights of the criteria were evaluated according to the entropy method for the topsoil (0-5 cm depth), the most important criterion was N%, followed by soil compaction, % C, bulk density and organic matter. Soil compaction was the most important criterion for the subsoil (5-10 cm depth), followed by % C, % N, organic matter and bulk density. As a result of TOPSIS analysis, it was determined that the most ideal logging

technique in 0-20% slope group, "b-bc" stand age for both soil depth levels was " suspended skidding with tractor". In the 0-20% slope group, "c-cd" stand age, the most ideal logging technique for top soil (0-5 cm) was "skidding with portable hand winch", for the subsoil (5-10 cm), the most ideal logging technique was "suspended skidding with tractor". In the 20-33% slope group, "b-bc" stand age, the most ideal logging technique for top soil depth (0-5 cm) was "suspended skidding with tractor", and for the subsoil depth (5-10 cm), the depth was "skidding with portable hand winch". In the 20-33% slope group, "c-cd" stand age, it has been shown that “cable pull with tractor" technique was the most recommended technique in both soil depth levels. Both stand ages and both soil depth levels have been revealed that as a result of the analysis, the most ideal logging technique was “hand winch skidding” in the >33% slope group

It has been observed that the slope was an important factor in determining the most ideal logging technique by TOPSIS method. Generally, in the 0-20% slope group, "suspended skidding with a tractor" has been identified as the most ideal logging technique. In the 20-33% slope group, its usability in three techniques varies according to the stand age and soil depth level, while in the >33% slope group, the "hand winch" method was determined to be the most ideal logging technique.

KEYWORDS: Logging, soil disturbance, PCA, Multi-Criteria Decision Support, Entropy-TOPSIS.

December 2020, 205 Page

TEŞEKKÜR

"Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin Orman Toprağı Üzerindeki Etkilerini Dikkate Alarak Prımer Transport Planının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Geliştirilmesi" adlı bu çalışma Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisligi Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora eğitimim süresince çalışma konusunun seçimi ve geliştirilmesinde, çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde her zaman yanımda olan çalışma sürecinde karşılaştığım sorunlarda bilgisini ve görüşlerini benden esirgemeyen, desteğini her daim hissettiğim tez danışmanım Sayın Hocam Doç. Dr. Burak ARICAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince fikir ve katkılarını esirgemeyen, tezimin geliştirilmesinde değerli tecrübe ve önerilerinden faydalandığım tez izleme komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY, Sayın Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ, Sayın Doç. Dr. Korhan ENEZ hocalarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Tez çalışmalarım sırasında istatistik analizlerin yapılmasında ve degerlendirilmesinde bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN'a, Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bahadır Çağrı BAYRAM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarım yürütülmesi esnasında her türlü konuda yardımcı olan orman işletme şefi eşim Orman Yüksek Mühendisi Emre GENÇ'e ve Çubukludere kooperatif başkanı Adnan KAPUCU'ya, toprak analizlerinin yapılmasında beni bilgilendiren ve yönlendiren Arş. Gör. Senem GÜNEŞ ŞEN'e teşekkürlerimi sunarım. Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan kıymetli aileme, hoşgörü ve desteğini hiç bir zaman eksik etmeyen eşime ve biricik kızım Ada GENÇ'e sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalısma, Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Arastırma Projeleri Yönetimi Kordinasyon Birimi tarafından KÜ-BAP03/2017-32 Kod No'lu Lisansüstü Öğrenim Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir. Birim çalısanlarına teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın benzer konularda çalışacak olan herkese ve ülkemiz ormancılıgına yararlı olmasını dilerim.

Çiğdem ÖZER GENÇ

Kastamonu, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xiii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Genel Bilgiler ve Literatür Özeti 5
1.1.1 Ormancılıkta Odun Üretim Operasyonlarının Önemi 5
1.1.2 Mekanizasyonun Önemi 7
1.1.3 Ormancılıkta Mekanizasyonun Ülkemizdeki Durumu 12
1.1.4 Bölmeden Çıkarma Yöntemleri 15
1.1.4.1 İnsan gücüyle bölmeden çıkarma 17
1.1.4.2 Hayvan gücüyle bölmeden çıkarma 18
1.1.4.3 Makine gücüyle bölmeden çıkarma 18
1.1.4.3.1 Traktörle bölmeden çıkarma 19
1.1.4.3.2 Orman hava hatları ile bölmeden çıkarma 21
1.1.5 Üretim Çalışmalarının Toprağa Olan Etkisi 23
1.1.6 Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler 34
1.1.6.1 Temel bileşenler analizi 35
1.1.7 Çok Kriterli Karar Verme Süreci ve Yöntemleri 39
1.1.7.1 Entropi yöntemi ve uygulama aşamaları 44
1.1.7.2 TOPSIS yöntemi ve uygulama aşamaları 45
1.1.7.2.1 TOPSIS yönteminin avantajları 48
2. MATERYAL VE YÖNTEM **49**
2.1 Materyal 49
2.1.1 Araştırma Alanın Tanıtımı 49
2.1.2 Araştırmada Kullanılan Makine ve Ekipmanlar 51
2.1.3 Arazide Kullanılan Etüt Formları 54
2.1.4 Araştırmada Kullanılan Yazılımlar ve Donanımlar 54
2.2 Yöntem 54
2.2.1 Çalışma Alanlarında Yapılan Bölmeden Çıkarma Yöntemleri 56
2.2.2 Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin Uygulanması ve Ölçümler 59
2.2.2.1 Traktör ile askıda sürütmeyle bölmeden çıkarma çalışmaları 60
2.2.2.2 Traktör ile kablo çekimi yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışmaları 61
2.2.2.3 El vinci yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışmaları 62
2.2.3 Bölmeden Çıkarma Faaliyetleri Sonrasında Toprak Örneklerinin Alınması 62
2.2.4 Laboratuvar Çalışmaları 67

2.2.4.1 Toprak örneklerinin analize hazırlanması 67
2.2.4.2 Toprak örneklerinin tekstür analizi (Toprakların kum, toz ve kil yüzdelerinin belirlenmesi) 67
2.2.4.3 Organik madde 69
2.2.4.4 Toprak örneklerinde ph tayini ve elektriksel iletkenlik (EC) 70
2.2.4.5 Toprak örneklerinin hacim ağırlığı tayini 71
2.2.4.6 Toprak nemi tayini 72
2.2.4.7 Toprak örneklerinin organik karbon ve toplam azot tayini 72
2.2.4.8 Toprak sıkışması 72
2.2.5 Kullanılan İstatistik Yöntemler 73
2.2.6 Entropi – TOPSIS Hibrit Metodu ile En İdeal Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesi 74
2.2.6.1 Kriterlerin tanımlanması 75
2.2.6.2 Alternatiflerin belirlenmesi 75
2.2.6.3 Entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması 77
2.2.6.4 TOPSIS yöntemi ile en ideal alternetifin belirlenmesi 80
2.2.6.5 En yüksek görece öneme sahip alternatifin seçilmesi 82
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 84
3.1 Bulgular 84
3.1.1 Çalışma Alanına Ait Bulgular 84
3.1.2 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm^3) Değerlerine Ait Bulgular 90
3.1.3 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Nemi (%) Değerlerine Ait Bulgular 94
3.1.4 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak pH'ı Değerlerine Ait Bulgular 98
3.1.5 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre EC (Elektrik iletkenliği, µS/cm) Değerlerine Ait Bulgular 102
3.1.6 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Madde (%) Değerlerine Ait Bulgular 105
3.1.7 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kum (%) Değerlerine Ait Bulgular 109
3.1.8 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kil (%) Değerlerine Ait Bulgular 113
3.1.9 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toz (%) Değerlerine Ait Bulgular 117
3.1.10 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toplam Azot (%N) Değerlerine Ait Bulgular 121
3.1.11 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Karbon (%C) Değerlerine Ait Bulgular 125
3.1.12 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Sıkışması (MPa) Değerlerine Ait Bulgular 129
3.1.13 Toprak Özellikleri ve Meşcere Durumu Korelasyon Analizine Ait Bulgular 134
3.1.14 Entropi-TOPSIS Hibrit Metodu İle En İdeal Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesine İlişkin Bulgular 137

3.1.14.1 Entropi yöntemiyle kriter ağırlıklarının hesaplanması 137
3.1.14.2 Alternatif bölmeden çıkarma seçiminde topsıs yönteminin uygulanması 141
3.1.15 Temel Bileşen Analizine (PCA) İlişkin Bulgular 152
3.2 Tartışma 156
3.2.1 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm^3) Değerleri 156
3.2.2 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Nemi (%) Değerleri 160
3.2.3 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak pH Değerleri 160
3.2.4 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre EC (Elektrik iletkenliği, µS/cm) Değerleri 161
3.2.5 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Madde (%) Değerleri 162
3.2.6 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kum (%) Değerleri 163
3.2.7 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kil (%) Değerleri 163
3.2.8 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toz (%) Değerleri 163
3.2.9 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toplam Azot (%N) Değerleri 164
3.2.10 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Karbon (%C) Değerleri 165
3.2.11 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Sıkışması (MPa) Değerleri 167
3.2.12 Entropi-TOPSIS Hibrit Metodu İle En İdeal Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesi 169
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 171
KAYNAKLAR 179
EKLER 198
EK 1 Traktör ile sürütme yöntemi için oluşturulan arazi karnesi 198
EK 2 El vinci için oluşturulan arazi karnesi 199
EK 3 Traktör ile kablo çekimi yöntemi için oluşturulan arazi karnesi 200
EK 4 Kontrol noktaları için oluşturulan arazi karnesi 201
ÖZGEÇMİŞ 202

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 ÇKKV sürecinin unsurları 41
Şekil 1.2 TOPSIS yöntemi geometrik gösterimi 47
Şekil 1.3 TOPSIS yöntemi uygulama aşamalarını gösterir akış şeması 47
Şekil 2.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Samatlar Orman İşletme Müdürlüğü, Aksudere İşletme Şefliği'nin konumu 50
Şekil 2.2 Optimal bölmeden çıkarma yönteminin geliştirilmesi için ilgili adımları gösteren akış şeması 56
Şekil 2.3 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulama şekli ve toprak örnek noktaları 58
Şekil 3.1 Aksudere İşletme Şefliği'ne ait eğim haritası ve çalışma yapılan bölmeleri gösterir 84
Şekil 3.2 112 nolu bölmenin ve %0-20 eğim grubu, "b-bc" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası 85
Şekil 3.3 130 nolu bölmenin ve %20-33 eğim grubu, "b-bc" ve "c-cd" meşcere çağı çalışma alanları eğim sınıfları haritası 85
Şekil 3.4 64 nolu bölmenin ve %33< eğim grubu, "b-bc" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası 86
Şekil 3.5 72 nolu bölmenin ve %0-20 eğim grubu, "c-cd" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası 86
Şekil 3.6 27 nolu bölmenin ve %33< eğim grubu, "c-cd" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası 87
Şekil 3.7 Aksudere İşletme Şefliği'nin arazi kullanımını gösterir haritası 88

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1 OGM'nin üretimde kullanılan araç sayıları 12
Tablo 2.1 Erkunt marka traktörün teknik özellikleri 51
Tablo 2.2 Bölmeden çıkarma yöntemine göre çalışma alanlarının planlanması 55
Tablo 2.3 Entropi ve TOPSIS yönteminin uygulamasında değerlendirilen alternatif bölmeden 76
Tablo 3.1 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin hacim ağırlığına (gr/cm^3) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 91
Tablo 3.2 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin toprak nemine (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 95
Tablo 3.3 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin pH'a etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 99
Tablo 3.4 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin EC'ye (elektrik iletkenliği, µS/cm) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 103
Tablo 3.5 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin organik maddeye (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 106
Tablo 3.6 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin kum miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 110
Tablo 3.7 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin kil miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 114
Tablo 3.8 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin toz miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 118
Tablo 3.9 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin toplam azot miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 122
Tablo 3.10 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin organik karbon miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 126
Tablo 3.11 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin sıkışmaya (MPa) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi 130
Tablo 3.12 Toprak özellikleri ile eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren pearson korelasyon sonuçları 135
Tablo 3.13 Üst toprak başlangıç karar matrisi 138
Tablo 3.14 Alt toprak başlangıç karar matrisi 138
Tablo 3.15 Üst toprak normalizasyon değerleri 139

Tablo 3.16 Alt toprak normalizasyon değerleri 139
Tablo 3.17 Üst toprakve alt toprak entropi ej değerleri tablosu..... 140

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 Bölmeden çıkarmada kullanılan Erkunt marka traktör 52
Fotoğraf 2.2 Çalışmada kullanılan taşınabilir el vinci ve sürütme konisi..... 52
Fotoğraf 2.3 Rupac marka penetrometre..... 52
Fotoğraf 2.4 Garmin marka GPS 52
Fotoğraf 2.5 Toprak örneklerinin alınmasında kullanılan çelik silindirler 52
Fotoğraf 2.6 Çap ölçer..... 52
Fotoğraf 2.7 Traktör ile askıda sürütme yöntemiyle bölmeden çıkarma çalışmaları (sol) ve sürütme izine ait görüntüler (sağ) 60
Fotoğraf 2.8 Traktör ile kablo çekimi yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışmalarına ait görüntüler 61
Fotoğraf 2.9 El vinci yardımı ile bölmeden çıkarma çalışmalarına ait görüntüler..... 62
Fotoğraf 2.10 Traktör ile sürütme yöntemi sonrasında toprak örneği alınan noktalar..... 64
Fotoğraf 2.11 Çelik silindir ile toprak örneklerinin alınması..... 66
Fotoğraf 2.12 Analize hazır hale getirilen toprak örnekleri..... 67
Fotoğraf 2.13 Toprak örneklerinin tekstür analizine ait laboratuvar görüntüleri 69
Fotoğraf 2.14 Organik madde tayinine ait görüntüler..... 70
Fotoğraf 2.15 pH tayini ve elektriksel iletkenlik 70
Fotoğraf 2.16 Hacim ağırlıklarının belirlenmesi..... 71
Fotoğraf 2.17 Çalışmada kullanılan elementel analiz cihazı 72
Fotoğraf 2.18 Penetrometre cihazı ile toprak sıkışmasının belirlenmesi 73

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 3.1 Üst toprak PCA analizi sonuç grafiği 154
Grafik 3.2 Alt toprak PCA sonuç grafiği 156

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A^+	:Pozitif İdeal Çözüm Değeri
A^-	:Negatif İdeal Çözüm Değeri
C_i^*	:İdeal Çözüme Göreli Yakınlık
i	:Matris Satır Sayısı
j	:Matris Sütun Sayısı
n	:Alternatif Sayısı
N_{ij}	:Normalize Karar Matrisi
r_{ij}	:Normalize R Matrisi Elemanı
Si^+	:Pozitif İdeal Çözümden Uzaklık
Si^-	:Negatif İdeal Çözümden Uzaklık
V	:Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi
w	:Kriter Ağırlığı
W_{ij}	:Öncelik Değerleri

Kısaltmalar

AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
CBS	:Cografi Bilgi Sistemi
GPS	:Global Positioning System
ÇKKV	:Çok Kriterli Karar Verme
µS	:Mikrosiemens
MPa	:Megapaskal
Mg	:Megagram
OGM	:Orman Genel Müdürlüğü
PCA	:Temel Bileşen Analizi (Principal component analysis)
TOPSIS	:İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Tercihi Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
%C	:Organik Karbon Yüzdesi
%N	:Toplam Azot Yüzdesi
UTM	:Universal Transverse Mercator

1. GİRİŞ

Ormancılık, toplumun orman ürünlerine ve hizmetlerine olan gereksinimlerinin sürekli ve optimal olarak karşılamak amacıyla biyolojik, teknik, ekonomik, sosyal, kültürel çalışmaları kapsayan çok fonksiyonlu ve sürdürülebilir bir etkinliktir. Toplum taleplerini, diğer sektörlerle, bölgeyle ve makro-ekonomik yapıyla olan ilişkilerini gözetmek, ülke ve sektör olanaklarını dikkate almak, parasal faydaları diğer faydalarla dengelemek, ekonomik, sosyal ve biyofizik sonuçları farklı olan alternatifler üretmek ve çok ölçütlü karar verme tekniklerini kullanarak aralarından seçim yapmak çağdaş ormancılık anlayışının gerekleridir. Orman ekosistemleri, sürdürülebilir kalkınma sürecinin odak noktasında bulunmaktadırlar. Bu sürecin temel öğesi ormanlar olup, ormanlar mal ve hizmet üretimi ile toplum ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik fonksiyonları olan yenilenebilen doğal kaynaklardır. Sistemde; bitkiler, yaban hayvanları, toprak, meralar, rekreasyon alanları, orman içi sular, yer altı mineralleri gibi kaynaklarda yer almaktadır (OGM, 2018). Orman kaynakları, diğer doğal kaynaklar gibi, rasyonel ve verimli kullanılması gereken kaynaklar arasındadır. Genellikle ormanlık alanlara yakın bölgelerde ikame eden kırsal nüfusun büyük çoğunluğunun orman kaynaklarına bağımlı bir şekilde yaşaması, bu kaynağın kırsal kalkınma çalışmalarında önemli bir yerinin olduğunu ortaya koymaktadır (Tolunay, 1999).

Kırsal yaşamın orman kaynakları ile ilişkisi dikkate alındığında orman işletmeciliği, sadece bugünki nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak değil gelecek nesillerinde ihtiyaçlarını bugünden gözeterek ormancılık için en önemli ilkelerden biri olan süreklilik ilkesini esas almaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir kırsal kalkınmanın sağlanmasında orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetim anlayışı önemli bir paya sahiptir. Ormanların sürdürülebilir yönetim anlayışı kapsamında odun üretim faaliyetleri bu yaklaşımın en önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Acar, 2004). Ülkemizde endüstriyel odun hammaddesi talebinin yaklaşık %60'ı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından devlet ormanlarından, %40'ı ise özel sektörün üretiminden, kayıt dışı yollardan (gizli tüketim) devlet ormanlarından, ithalat yoluyla gerçekleştirilmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2019). 2018 yılı üretim programı,

ormanların üretim kapasitesi ve piyasa talepleri göz önüne alınarak hazırlanmış, 19 milyon m^3 endüstriyel odun, 4 milyon m^3 ster (yakacak lif yonga, kabuklu kâğıtlık, talaş) odun üretimi gerçekleştirilmiştir. OGM'nin yaptığı odun hammaddesi üretiminin yaklaşık %59'unu endüstriyel odun üretimi, bunun da %49'ini tomruk üretimi oluşturmaktadır. Ülkemizdeki yıllık odun hammaddesi tüketimi ise ortalama 24-25 milyon m^3/yıl'dır. Ülkemiz endüstriyel odun hammaddesi talebinin yaklaşık %15'i başka ülkelerden ithal edilerek karşılanmaktadır (OGM 2019).

OGM'nin 2019 yılı genel üretim giderleri toplamı 1 754 463 423 TL'dir (307,8 milyon $). Üretim giderleri içerisinde yer alan sürütme ve toplama giderleri ise 707 130 221 TL (124,1 milyon $) olup genel üretim giderlerinin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Bu rakamlar bölmeden çıkarma işlerinin ekonomik yönden ciddi derecede önemli olduğunu ortaya koymaktadır (OGM, 2019).

Üretim işleri, üretimin programlanması, ağaçların damgalanması, kesme ve devirme, dal alma, kabuk soyma, boylama-bölme, bölmeden çıkarma, yükleme, taşıma, boşaltma ve istifleme işlemlerini kapsamaktadır. Ormana en fazla zarar odun hammaddesinin kesildiği yerden en yakın rampaya taşınması aşaması olan bölmeden çıkarma sürecinde meydana gelir. Ormancılık üretim çalışmaları 6831 Sayılı Orman Kanunun 27. ve 40. maddeleri, Orman Genel Müdürlüğü Teşkilatı ve Görevleri Hakkında 3234 Sayılı Kanunun 10. Maddesi, Devlet Orman İşletmesi ve Döner Sermayesi Yönetmeliği, Orman Emvali İstihsaline Ait Yönetmelik, Damga Yönetmeliği, 310 Sayılı Tebliğ Tamimler ve Talimatlara göre yapılmaktadır (OGM, 2019).

Orman alanları yaklaşık 40 milyon km^2'lik küresel kara alanının yaklaşık % 30'u olup insanların refah içinde yaşaması için bir bütün olan çevrenin büyük bir bileşenidir (Heinimann, 2007). Dolayısı ile en önemli doğal kaynakların başında gelen ormanların bugünün ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Gülci, 2014).

Ülkemizde genellikle ormanların dağlık arazi koşullarında yer alması üretim faaliyeti sürecinde yer alan bölmeden çıkarma işlerini zorlaştırmaktadır. Bununla beraber

uygulanmasına karar verilen yanlış bir bölmeden çıkarma metodu maliyetin artmasına, zaman kaybına, odunda değer ve miktar kaybı yaşanmasına, gençlik ve toprak üzerinde deformasyonlara neden olmaktadır (Akay vd., 2007a; Eroğlu, 2012). Bu nedenle, odun üretimini çevreci ormancılık yaklaşımı dikkate alınarak, yalnızca maliyeti en aza indiren değil bununla beraber çevre zararlarını da minimize eden en uygun, modern ve teknolojik yöntemlerin kullanılarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Ziesak, 2006).

Ormanları koruma yaklaşımını göz önünde bulundurarak ormanlardan faydalanmak, ormancılık operasyonlarıyla ilgili kararların alınmasını oldukça güçleştirmektedir. Sürdürülebilir ormancılık yönetiminin en zor tarafı bir yandan kaynakları verimli bir şekilde kullanabilen stratejiler ve teknolojiler geliştirmeyi hedeflerken diğer taraftan da çevresel alanların yapısı ve işlevi üzerindeki genel etkileri en aza indirmeyi amaçlayan orman ekolojisi ile uyumlu planlar gerçekleştirebilmesidir (Bayoğlu, 1972, Gürtan, 1975; Gümüş ve Türk, 2010). Dolayısı ile ekolojik denge üzerinde önemli katkıları bulunan orman ekosistemine ormancılık faaliyetlerinin verdiği zararların belirlenmesi ve minimize edilmesi ormanların sürdürülebilir yönetiminin başarılmasında çok büyük önem taşımaktadır (Ünver vd. 2017). Doğal şartlara açık ve toprağa bağımlı biyolojik bir varlığın işletmeciliği olan ormancılık sektörü başta odun hammaddesinin üretiminde olmak üzere çeşitli ormancılık çalışmalarının gerçekleştrilmesinde (silvikültürel müdahaleler, orman yol yapım çalışmaları, nakliyat vs.) çevreye en düşük düzeyde zarar verecek şekilde faaliyetlerini sürdürmelidir (Acar ve Ünver, 2004; Arıcak ve Özer Genç, 2018). Çevreci bir ormancılık yaklaşımı, sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda ekonomik ve ekolojik kararlar alınabilmesi için modern teknikler ve teknolojik araçlar kullanarak orman kaynaklarından optimum verim sağlayarak çevre zararlarını en aza indirmeyi hedeflemektedir (Kovácsová ve Antalová, 2010). Ormanların işletilmesinde kullanılan tekniklerin sahip oldukları niteliklere göre belirlenmesi gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. Özellikle sürütme çalışmalarında ormanın sahip olduğu arazi özellikleri (eğim, yamaç uzunluğu) uygulanacak tekniğin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Mekanizasyon tabanlı bölmeden çıkarma yöntemleri bugün düz ve hafif eğimli alanlarda genellikle çevresel açıdan daha güvenlidir ve yüksek iş verimliği sağlamaktadır (Akay ve Sessions, 2001). Fakat Türkiye ormancılığında mekanizasyonun henüz fazla

gelişmemiş olması ve ormanların yaklaşık yarısının eğimli ya da engebeli alanlarda yayılması nedeniyle odun üretiminde büyük oranda zemin üzerinde sürütme tekniği kullanılmaktadır (Ünver, 2008).

Literatür çalışmaları incelendiğinde ormancılıkta üretim çalışmalarında kullanılan bölmeden çıkarma tekniklerinin verimliliklerine bağlı olarak en uygun yöntemin seçilmesine, kalan meşcereye-gençliğe, ürüne ve toprağa olan zararların belirlemesine yönelik çalışmalar yapılmış olup buna karşın bölmeden çıkarma yöntemlerinin eğim gruplarına, meşcere çağ sınıflarına ve tomruk geçişlerine göre toprak derinliklerine bağlı olarak neden olduğu toprak deformasyonunu çeşitli toprak özelliklerindeki değişimleri inceleyerek ortaya koyan ve en uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesine yönelik detaylı bir araştırmaya rastlanılmamıştır.

Çalışma kapsamında üretime konu ibreli meşcerelerde çağ sınıflarına ("b-bc", "c-cd"), meşcerenin bulunduğu eğim grubuna (%0-20, %20-33, %33<), ve sürütme hattı üzerinde sürütülecek olan tomruk miktarına (5'inci sefer, 10'uncu sefer) göre traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme (sürütme konisi kullanılarak) mekanizasyon yöntemlerinden hangisinin hangi durumlarda kullanılmasının toprak derinlik kademesine (0-5 cm, 5-10 cm) bağlı olarak deformasyonuna en az sebep olan yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için, istatistik analiz yöntemleri ile iki farklı toprak derinlik kademesindeki meydana gelen toprak özelliklerini etkileyen faktörler ve etki değerleri belirlenmiştir. Beraberinde farklı eğim gruplarında ve meşcere çağ sınıflarındaki en az toprak özelliği değişimine sebep olan bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesinde PCA analizinden yararlanılmıştır. Belirlenen toprak özelliklerinin önem değerleri Entropi yöntemi ile hesaplanırken TOPSIS yöntemi ile bölmeden çıkarma teknikleri ideal noktaya yakınlık katsayısına göre sıralandırılmış ve böylece en uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden entropi ve TOPSIS yöntemlerinden oluşan hibrid bir model oluşturulmuştur.

1.1 Genel Bilgiler ve Literatür Özeti

1.1.1 Ormancılıkta Odun Üretim Operasyonlarının Önemi

Doğal veya yapay yolla yetiştirilerek kesim çağına ulaşmış orman ağaçlarını teknik ve bilimsel müdahalelerle toplumun hizmetine sunma faaliyetine odun hammaddesi üretimi denir (Yıldırım, 1989). Başka bir tanımla odun hammaddesinin üretimi; idari yaşını doldurmuş, çap ve boy bakımından olgun hale gelmiş ağaçların piyasadaki yapacak ya da yakacak odun hammaddesi talebinin karşılanması ve orman işletmelerinin kazanç elde etmesi amacıyla kesilerek depolara kadar taşınması sürecinde uygulanan faaliyetlerin tamamını kapsamaktadır (Erdaş, 1997).

Ormancılıkta odun hammaddesinin üretimi iki farklı süreçte gerçekleştirilir. İlk süreç, dikili haldeki ağacın kesilmesi ve şekil değişimi işlemlerinden oluşan "Kesim" sürecidir. Kesim aşaması ise kesme-devirme, dal alma, tepe alma, ölçme, bölümlere ayırma (tomruklama), kabuk soyma çalışmalarını kapsamaktadır. İkincisi ise, kısmen veya tamamen şekil değişimine uğrayan ağaç ya da gövde kısımlarının hareket ettirilmesi işlemlerden oluşan "Nakliyat" sürecidir. Bu süreç ise bölmeden çıkarma ve uzak nakliyat aşamalarından oluşmaktadır. Bu iki temel sürecin tamamlanmasıyla orman işletmeleri açısından söz konusu olan odun hammaddesi üretimi aşamaları gerçekleşmiş olur (Yıldırım,1989b; Karaman, 1997).

Ormancılık faaliyetlerinin en ağır ve en riskli işleri üretim işleridir. Üretim faaliyetleri genellikle dağlık arazide bulunan orman alanlarında gerçekleştirilmekte olup bu işler için gerekli çalışma, günümüz koşullarında insan gücü ve makinelerin kullanılmasıyla yapılmaktadır. Üretim metodu, nakliyat işlerinin yürütülmesi sırasında kullanılan teknolojiyi yani makine ve aletlerle taşınan odun hammaddesi üretim metodunun adını ve şeklini tarif eder. Odun hammaddesi üretimi genel olarak bütün ağaç, bütün gövde, tomruk, yongalama ve ağaç dallarından oluşan kalıntıların üretim metodu olmak üzere beş şekilde yapılmaktadır. Bölmeden çıkarmada uygulanacak metot topoğrafik özellikler, üretim metotları, mevcut olan tesis ve taşıtlarının varlığı gibi çeşitli faktörlerin etkisi altında önceden belirlenir (Acar, 2004).

Ormanlık alanlar Avrupa'nın %43'unu kapsar ve sahip oldukları ekosistem sayesinde önemli seviyede sosyo-ekonomik değer sağlarlar (Coyette ve Schenk, 2019). Küresel ısınma sonucu dünyadaki ormanların yoğunluk ve alan bakımından bozulması ormanlık alanları tehlikeye sokmaktadır (Seidl vd., 2014). Kuraklık sonucu meydana gelen kayıplar, orman yangınları, rüzgâr fırtınaları, biyolojik risklerdeki artışlar tüm dünyada orman ekosistemin etkileyen en önemli doğal afetlerdir (Johnstone vd., 2016). Bu büyük ekosistem yıkımları ile beraber ormancılık operasyonlarınında, biyoçeşitliliği azaltma, erozyonu artırma ve toprak verimliliğini azaltması bakımından çevre üzerinde olumsuz etkilere sahip olabileceği için geniş ölçüde tartışma konusu olmuştur (Leverkus 2018). Bir ekosistemi oluşturan doğal dengeyi herhangi bir şekilde bozmak orman varlığının devamlılığını tehlikeye atmaktadır. Bu sebeple üretim operasyonlarının neden olduğu kalan meşcere, fidan ve toprak zararlarının belirlenerek sürdürülebilirlik prensibinin sağlanabilmesi için üretim sonrası kapsamlı bir değerlendirmenin yapılması gerekmektedir (Dykstra ve Heinrich, 1996). Operasyonların öncelikli olarak sahaya özgü özelliklerini dikkate alarak planlanmanın yapılması gerektiği birçok çalışmada belirtilmiştir (Pischeda 2004; Kramer vd., 2014).

Ülkemizde odun üretimi ile tüketimi arasındaki ilişkiye bakıldığında; üretim miktarının talebe göre daha az olduğu ve ayrıca plansız ve düzensiz üretim faaliyetleri ve yanlış metot kullanımı sonucu çevrede ortaya çıkan zararlar ve kayıpların meydana geldiği bilinmektedir. Dolayısı odun hammaddesi üretiminde kayba yer verilmemesi konusuna dikkat edilmelidir. Bunun için odun üretimi sırasında oluşan kalite, miktar ve toprak kayıplarının ormancılıkta sürdürülebilirlik bakımından tespit edilmesi ve bu çevre zararlarının azaltılması konusunda planların yapılması oldukça önem arz etmektedir (Acar ve Ünver, 2004).

Bayoğlu (1996), ormancılıkta transportun en zor ve masraflı bölümünü bölmeden çıkarma çalışmalarının oluşturduğunu, bu yüzden çok iyi bir bölmeden çıkarma planı ile ekonomik çözümün sağlanabileceğini belirtmiştir. Bu bağlamda tali nakliyat şekilleri, sürütme araçları, tomruk boyları ile üretim metodlarının seçiminin ancak uygulayıcı tarafından yapılması, bu faktörlerin her birinin bir taraftan araziye uygun olması, bir taraftan da diğer unsurlarla uyum içinde bulunması gerektiğini ifade

etmiştir. Ancak bu şekilde güvenli, çevreyi koruyan ve rasyonel bir orman işletmeciliğinin uygulanmasının mümkün olacağını belirtmiştir.

Yıldırım (1989), ormanda hasat işlerinin ağaç kütüğü dibinde başladığını ve son safhaya gelinceye kadar yasal düzenlemeler, arazi koşulları, mevsimler, meşcerenin yapısı, alıcı istekleri ve çevre gibi faktör etkisi altında kaldığını vurgulamıştır. Bu faktörlerin, hasat işlerinin planlanması ve uygulanması sırasında karmaşık ilişkiler içinde olduğunu ifade ederek bu faktörlere sınırlayıcı faktörler olarak nitelendirmiştir. Bu sınırlayıcı faktörler, hammadde (ağaç), mamul madde (tomruk), çalışan (insan) ve çalışma alet ve makinaları açısından önem taşıdığını dile getirmiştir.

Erdaş (1987), bölmeden çıkarma işlerindeki verimliliğin; arazinin eğimine, uygulanacak çalışma metoduna, iş organizasyonuna, ürünün hacmine, kesim düzenine, yol yoğunluğuna, kullanılan makine, araç ve gereçlere, bölmeden çıkarma sırasında bir defada taşınan ürün miktarına ve çalışanların tecrübelerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Bölmeden çıkarma sırasında meşçereye yapılan zararların ise; yamaç eğimine, meşçere sıklığına, sürütülen tomruğun uzunluğuna, sürütme yollarının planına ve sürütme yönteminin seçimine bağlı olduğunu ifade etmiştir.

Aykut (1986), bölmeden çıkarma çalışmalarında eğer mekanizasyon kullanıcaksa öncelikle arazi sınıflamasının yapılmasının ve mevcut şartlara göre uygulanacak metotların belirlenmesi gerekliliğinin altını çizmiştir. Seçkin (1978), ormanlık alanda hangi bölmeden çıkarma metodunun uygulanabileceğini daha önceden belirlemek için, söz konusu orman alanının nakliyat tekniği bakımından bir arazi sınıflamasına tabi tutulması gerektiğini belirtmiştir.

1.1.2 Mekanizasyonun Önemi

Yıllar boyunca doğanın ve insanın emeğini üzerinde taşıyarak kesim çağına ulaşan orman ağacının, yetiştiği yerdeki hacim ve kalitesinden hiçbir şey kaybetmeden ve aynı zamanda çevresindeki kalan ağaçlara, fidanlara, orman toprağına zarar vermeden kesim alanından çıkarılıp orman yolu kenarında uzak nakliyata hazır hale getirilmesi, günümüz ormancılık işletmesinin bir gereğidir. Üretim aşamasının ilk olan bu süreçte (primer transport süreci) mekanizasyon konusundaki her bir gelişme ile iş gücü

kayıpları önlenecek, bölmeden çıkarma giderleri azalacak, doğal denge ve orman toprağı korunmuş olacak ve daha kaliteli, daha fazla miktarda ürün elde edilmiş olacaktır (Acar ve Erdaş, 1992). Başka bir deyişle mekanizasyon, ormancılık çalışmalarına hız ve verimlilik kazandıracaktır (Bayoğlu, 1996-b; Öztürk ve Hasdemir, 2010; Enez ve Arıcak, 2012).

Mekanizasyon, teknolojinin gelişmesi ve aynı zamanda toplumun hayat standardının yükselmesi ile insan gücü, hayvan gücü ve yerçekimi gibi doğal güçler yardımı ile yapılan işlerin makina gücü ile gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Mekanizasyonun başka bir tanımı da, bir işi ucuza mal etmek, ürün kalitesini arttırmak, hızlandırmak, insanı yorucu işlerden uzaklaştırmak amacıyla makinalar yardımı ile rasyonel olarak yapılmasıdır. Ormancılıkta mekanizasyon tanımına bakacak olursak genel olarak yol yapım ve bakımının, ağaçlandırma çalışmalarının, kesim, bölmeden çıkarma çalışmalarının, yükleme, taşıma, boşaltma ve istifleme gibi emek yoğun üretim faaliyetlerinin makineler yardımıyla yapılması olarak açıklanabilir. Mekanizasyon yöntemlerini kullanarak maliyeti düşük ve verimi yüksek çalışmalar yapmak mümkün olmakta ve böylece hem ormancılık çalışmalarına hemde ülke ekonomisine katkı sağlanabilmektedir (Seçkin, 1983).

Ormancılıkta mekanizasyonun başlıca görevi verimliliği artırarak işin maliyetini düşürmektir. Dolayısıyla işi hızlandırmak suretiyle birim iş için harcanan zaman kısalmakta ve böylece aynı iş gücü ile daha fazla üretim yapılması mümkün olmaktadır. Ayrıca mekanizasyon ile ağır ve güç olan ormancılık işleri daha az yorucu ve talep gören bir iş haline dönüşmektedir. Mekanizasyon sayesinde iş güvenliği de artmaktadır. Mekanizasyonun sağladığı faydalar daha detaylı olarak maddeler halinde şöyle sıralanabilir:

-Ormancılıkta mekanizasyonun kullanılması, insan ve hayvan gücünün yetersiz kaldığı ve kullanılamadığı durumlarda makina gücünden yararlanma imkânını sağlamaktadır.

- Ağır tomrukların sürütülmesi ve araçlara yüklenmesinin yanında geniş ağaçlandırma alanlarının temizlenip hazırlanması, orman yollarının yapımı gibi işlerde makinaların

kullanılması çalışmaları oldukça hızlı, rahat ve daha iyi bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

-Makinaların kullanılması ile işler daha hızlı ilerleyeceği için üretimin ve silvikültürel çalışmaların kötü hava şartlarından en minimum düzeyde etkilenmesi sağlanmaktadır.

- Bir işçi makina kullanarak birim zamanda daha fazla iş yapabileceği için verimliliği artırabilmektedir. Ayrıca böylece işçi daha fazla kazanç sağlayarak hayat standardını yükseltebilmektedir.

- Mekanizasyon insanın iş kapasitesini arttırdığı için kırsal kesimlerde nüfusun bir kısmının endüstriyel kollara geçebilmesini sağlayabilmektedir.

- Mekanizasyon, birbirine eklenen ve belirli bir süre içinde yapılması gereken işlerin yapılması için fazla sayıda insan ve hayvan gücünün çalıştırılması zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır.

Bunlarla birlikte, makinalaşma ile çeşitli ormancılık işlerinde çalışan işçilerin sayısı azalmaktadır. Ülkemizde endüstrinin yeteri kadar gelişmemiş olduğu ve kırsal kesimdeki nüfusun fazlalığı göz önüne alınırsa ormancılıkta mekanizasyon lokal olarak işsizlik yönünden olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle ülkemizde öncelikle iş gücünün yetersiz olduğu dolayısıyla orman köylülerinin ilgi göstermediği üretim çalışmalarında sadece makina ile gerçekleştirilebilecek ağırlık ve genişlikteki ağaçlandırma vb. işlerde mekanizasyona geçilmesi daha uygun olacaktır (Bayoğlu, 1996-a).

Mekanizasyonu gerektiren koşullar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

Orman Durumu

Sadece insan ve hayvan gücünden faydalanarak verimli ormanlarda kaliteli ürünlerin üretilmesi ve piyasanın bu ürünlere talebinin karşılanması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle ürünün, kalite ve miktar kaybına uğramadan piyasaya ulaşabilmesi için

mekanizasyondan yararlanılması bir gerekliliktir. Böylece işletmenin gelir seviyesinin yükseltilmesi bakımından mekanizasyon yararlı olmaktadır.

Piyasa İstekleri

İnsan ve hayvan gücünden yararlanarak yapılan bölmeden çıkarma işlerinde tomruk boyutları kısa tutulmaktadır. Fakat piyasanın istekleri doğrultusunda özellikle uzun boylu tomruk ihtiyacını karşılayabilmek ancak mekanizasyonla sağlanabilmektedir.

Arazi Durumu

Arazi yapısı ve zemin koşulları iyi olmayan alanlarda insan ve hayvan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmaları başarılı sonuçlar ortaya koymamaktadır. Böyle alanlarda bölmeden çıkarma çok zor, tehlikeli ve masraflı olabilmektedir. Bu alanlarda makinalı çalışmanın yapılması daha doğru olmaktadır.

İşçi Durumu

İşgücünün fazla ve ucuz olduğu ülkelerde işçi çalıştırmak makinalı çalışmadan daha karlı olmaktadır. Fakat işçi sayısının az ve masraflı olduğu durumlarda makinalı çalışma yapmak daha ekonomik hale gelmektedir. İşçi bulma güçlüğü yaşanması durumunda çalışmaların mekanize yöntemlerin kullanılması gerekli hale gelmektedir.

Teknoloji Durumu

Ülkemizde otomotiv sanayinin gelişmesi, ülke tarımında makine kullanımının önemli seviyede artmasına neden olmuştur. Tarım işlerinde kullanılan tarım traktörlerinin orman işlerinde de kullanılmaya başlanmasıyla ülkemizde de ormancılık faaliyetlerinde mekanizasyon geçiş için önemli bir adım olmuştur.

Emniyet

İnsan ve hayvan gücü ile gerçekleştirilen ormancılık faaliyetlerinde kaza riskinin fazla olmasına karşın uygun bir şekilde gerçekleştirilecek makinalı çalışmalarda kaza riski ciddi ölçüde azalabilmektir.

Mekanizasyon, üretiminde büyük kolaylıklar sağlamakla birlikte, makinelerin gidiş ve gelişleri için uygun olmadığı arazi koşullarında bir güçlük olarak orttaya çıkmaktadır.

Mekanizasyonun sağladığı faydaların yanında mekanizasyonun gelişmesini engelleyen faktörlerde şöyledir;

- Meşcerenin yapısı: Ormanların meşcere kompozisyonu çok değişiktir. Özellikle genç meşcereler, içerisine makinenin giremeyeceği kadar sık bir yapıda olduğu için meşcere içerisinde makineleri kullanabilmek büyük iş hacmi ve geniş alanlar istemektedir. Bu imkânlara sahip olunamaması verimi düşürmekte ve mekanizasyonun artmasını engellemektedir.
- Mekanizasyona karşı tavır: Son yıllarda benimsenen çevreci yaklaşım doğrultusunda ormanların daha çok yeşil olarak kalmasının istenmesinden dolayı mekanizasyonun kullanımı tepki almaktadır.
- Mülkiyet yapısı: Odun hammaddesi üretimi ile işleme tesislerinin aynı yerlerde olmaması mekanizasyonun gelişmesine engel teşkil etmektedir. Aynı şekilde işletmelerin gittikçe küçülmeside mekanizasyonun gelişmesini engelleyen faktörlerden birisidir.

Dağlık arazide orman yol yapımının zor ve pahalı olması, bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında gerekli olacak makinelerin temini ile çalıştırılmasında ekonomik ve teknik engellerin bulunması bir diğer önemli problemlerdir. Ayrıca, bu alanlarda bölmeden çıkarılan odun hammaddesi, gençlik ve kalan ağaçlarda meydana gelen zararların fazla olması, transport sırasında toprak erozyonuna neden olunması, topoğrafik ve klimatolojik engellerin bulunması ve en önemlisi iş düzeninin bozularak iş akışının sık sık kesilmesi, karşılaşılan olumsuz durumlar olarak sıralanmaktadır (Erdaş, 1987).

Ormanlık alanlarının her geçen gün dağlık alanlara doğru çekilmesi ve bu alanlarda çalışma güçlüğünün artması ülkemizde ve dünyada mekanizasyona olan ihtiyacın giderek artmasını neden olmuştur. Bununla beraber her arazi, kendine has özellikler barındırmaktadır. Dolayısıyla bu alanlar çok fazla çevre ve ürün zararına sebep olmayan uygun bir üretim yöntemi uygulanmasını gerektirmektedir. Arazi

özelliklerinin değiştirilmesi mümkün olmayacağına göre tali nakliyat şekilleri, sürütme araçları ve üretim metotları için seçim yapılması mümkündür. Ancak bunların her birinin, bir taraftan arazi şartlarına uygun olması, öte taraftan da diğer unsurlarla uyum içinde bulunması gerekir. Yani seçilecek üretim sistemlerinin verimliliğini artırmak için üretim yoğunluğu ve ormanın özellikleri makine tipi ile dengeli olmalıdır Ancak bu şekilde güvenli, çevreyi koruyan ve rasyonel bir orman işletmeciliğinin uygulanması mümkün olur (Bayoğlu ,1996; Aedo-Ortiz vd., 1997; Akay vd., 2004)

1.1.3 Ormancılıkta Mekanizasyonun Ülkemizdeki Durumu

Odun hammaddesi üretim aşamalarında olan bölmeden çıkarma çalışmalarında tomrukların sürütülerek belli bir yerde toplanması toplam üretim maliyetinin % 25-50'sini ve buna diğer tali işlemlerinde katılmasıyla toplam üretim giderlerinin % 70-80'ini kapsamaktadır. Bu durum odun hammaddesi üretim tekniğinin yanında sürütme tekniğinin geliştirilmesi ve diğer işlerin daha sistemli bir şekilde ele alınmasının önemini ortaya koymaktadır (Bayoğlu vd., 1993). Ülkemizin 2017 yılı itibari üretim makinaları parkında, toplam 991 adet üretim makinesi bulunmaktadır (Tablo 1.1) (OGM, 2017).

Tablo 1.1 OGM'nin üretimde kullanılan araç sayıları

Üretim makineleri	**Adet**
Yükleyici ve İstifleyici	24
4x2 Traktör	235
4x4 Traktör	277
Bahçe Traktörü	65
Kamyon	104
Sürütücü / Sürütücü Traktör	54
Kepçe Takılı Traktör	171
Hava Hattı	21
Kar Rotatifi ve Bıçağı	2
ATV Motosiklet	15
Ağaç Sökme ve Dikme	22
Kabuk Soyma Makinesi	1
TOPLAM	**991**

Türkiye'de ve çoğu ülkede kolay temin edilebilir olmasından dolayı modifiye edilmiş tarım traktörleri en sık kullanılan üretim araçlarıdır (Russell ve Mortimer, 2005; Öztürk ve Akay, 2007). Modifiye işlemleri sırasında tarım traktörlerinin arka kısmına çekici vinç eklenmekte, ön veya arka kısmına hidrolik yükleme kolu monte edilmekte, orman ürünü taşıma amaçlı özel römork veya treyler bağlanmaktadır (Greulich, 1999). Bu kapsamda tarım traktörleri; sürütücü, yükleyici, taşıyıcı olmak üzere farklı şekillerde kullanılmaktadır. Ayrıca 4x4 çekiş gücü ve akslar için eşit yükleme oranı sağlanmakta ve korumalı operatör kabini ilave edilmektedir (Öztürk ve Akay, 2007).

Bölmeden çıkarma uygulamalarında odun hammaddesi zemin üzerinde sürütülebildiği gibi sürütme konisi ile kombine edilerekte sürütülebilmektedir. Sürütme konisi kullanıldığında tomrukların kalan ağaç, kütük ve diğer engellere takılma riski azalmakta, böylece operasyon verimini artmakta ve meşcere zararını azaltmaktadır (Akay vd., 2014).

Bölmeden çıkarma alternatiflerinin belirlenmesi temelde arazinin teknik özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmektedir. Arazinin teknik özelliklerine bağlı faktörlerin başında üretim yapılacak arazinin eğimi gelmekte, bunu işletmeye açma tesis ve taşıtların varlığı takip etmektedir (Erdaş vd., 2014). IUFRO tarafından ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmaları için belirlenen eğim sınıfları Düz arazi (%0-10), Hafif eğimli arazi (%11-20), Orta eğimli arazi (%21-33), Dik arazi (%34-50), Çok dik arazi (>%50) olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır. Düz ve hafif eğimli arazilerde yol yapım maliyetleri çok yüksek olmayıp, orman yolları ve sürütme şeritleri ile oluşturulacak transport kombinasyonları uygun bir alternatif sunmaktadır. Bu alanlarda tarım traktörleri de bu sahalarda sürütme yoluyla bölmeden çıkarma uygulamalarında kullanılabilmektedir (Erdaş, 2008).

Orta eğimli arazilerde orman yolu yapımı eğimden dolayı güç ve maliyetli olup, uygun geçkilerde planlanmayan yollar ormana daha fazla zarar verebilmektedir. İnsan ve hayvan gücü ile yamaç yukarı taşıma zor olduğundan kullanılmamaktadır. Bundan dolayı bu alanlarda, tarım traktörleri ve taşınabilir vinçle kablo çekimi yapabilirken, yine tarım traktörleri ile zemin üzerinde sürütme yapılabilmektedir.

Dik ve çok dik arazilerde yol yapımı güç, maliyetli ve çevre tahribi fazla olduğundan, güçlü tarım traktörleri ve orman traktörleri orman alanına girmeden traktör yolunda hareket ederek kablo çekimi yapabilmekte veya vinçli hava hatları kullanılabilmektedir. Aynı zamanda bu alanlarda, oluk sistemleri ile de bölmeden çıkarma yapılabilmektedir (Gülci, 2014).

Enez ve Aricak (2012), Türkiye ormancılığının endüstriyel odun üretiminin %10'nun yapıldığı Kastamonu yöresinde ekskavatöre monteli AFM75 hasat başlıklı harvesterin ülke şartlarına olan uyumunu değerlendirerek harvesterin teknik özelliklerini de dikkate alarak mevcut ağaç hasat makinesinin daha verimli çalışabileceği ortamları belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda harvester başlığının bağlı olduğu ekskavatörün optimum olarak %30 eğime kadar çalışabildiğini ifade ederek ülke topraklarınında %83'ünün %30'dan fazla eğime sahip alanlardan belirtmişlerdir. Bu yüzden bu aracın Türkiye'nin ormanlık alanlarının ancak %17'sinde verimli olarak çalışabilecek kapasitede de olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak, kaza risk faktörü açısından bakıldığında harvesterların Türkiye ormancılığında kullanılması olumlu yönde bir katkı ve gelişme olacağını vurgulamışlardır.

Orman transport planı bir ormanlık alanda kesim işi tamamlandıktan sonra taşımaya hazır hale gelen orman ürünlerinin orman yoluna taşınabilmesi için zaman ve mekan boyutunu dikkate alıp mevcut olanakların en iyi şekilde değerlendirilerek bir plan dahilinde düzenlenmesidir. Orman transport planları mikro ve makro boyutta hazırlanan planlardır (Acar, 1994; Demir, 2002).

Birincil ve ikincil transport planları da dahil olmak üzere odun hammaddesi üretimine ilişkin tüm faaliyetlerin planlanarak operasyonel planlar üretilebilir. Odun hammaddesi üretiminin planlanmasında; orman, bütçe, işgücü ve makine kaynaklarının rasyonel şekilde kullanılarak istenilen miktar ve kalitede odun üretiminin; nerde, ne zaman, nasıl ve ne şekilde yapılacağına ilişkin bir operasyon planlaması da yapılabilir (Eker, 2004).

Kısaca orman transport planları ile organizasyon kaynaklı problemler giderilecek, makineler daha verimli kullanılacak, odun hammaddesi üzerindeki ve meşceredeki

taşıma güzergâhında ortaya çıkan zararlar en minimum seviyeye indirilecektir. Ayrıca orman yol ağı ve transport çalışmaları uyumlu hale getirilerek modern transport araçlarının rahatlıkla uygulanabilmesine imkân hazırlanacaktır. Böylece orman yol ağı planlarında maksimum işletmeye açma oranına ulaşılacak ve en uygun transport metodunun seçimi sağlanmış olacaktır (Acar, 1994).

1.1.4 Bölmeden Çıkarma Yöntemleri

Ormancılıkta bölme; planlama birimlerinin kayıt, ölçme, denetim ve yönetiminde bütünlük sağlayan, yetişme ortamı, meşcere kuruluşu ve silvikültür tekniği yönünden önemli yapıya sahip yol gibi yapay, sırt ve dere gibi doğal hatlarla sınırlandırılmış değişmez alan birimleri olarak ifade edilir. Kısaca bölme, orman alanına ilişkin bilgileri değerlendirilip düzenlenmesi ve iş dağıtımı, işin bir yerde yoğunlaştırılması, iş bölümü, denetim ve verimlilik hesaplarının yapıldığı yerdir. Bölmeden çıkarma, ormanda üretim amacına uygun yaş ve olgunluğa erişmiş ağaçların kesilerek devrilmesi sonucu kesim sahasında dağınık durumda bulunan odun hammaddesinin insan, hayvan ve makine gücünden yararlanılarak orman yolu kenarındaki istif, rampa veya depo yerlerine, mümkün olduğunca ormana zarar vermeden taşınması işlemidir (Engür, 1992; Acar, 2004). Ormancılık faaliyetleri arasında yer alan bölmeden çıkarma transport aşamalarının ilki olup, en ağır, pahalı, çevresel zararı en fazla, zaman alıcı ve masraflı olan aşamasıdır (Engür, 1992; Erdaş ve Acar, 1993). Odun hammaddesinin bölmeden çıkarılması kullanılan güç kaynağına göre; hayvan gücü ile bölmeden çıkarma, insan gücü ile bölmeden çıkarma, makine gücünden yararlanarak bölmeden çıkarma yöntemleri olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Ülkelerin gelişme süresi içerisinde ürünlerin ormandan çıkarılması ilk olarak insan gücü sonrasında da hayvan gücünden yararlanarak gerçekleştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra ormancılıkta makineleşme süreci başlamış olup iş makinalarının ana orman yollarının yapımında yoğun olarak kullanılmaya başlanması ile ormanların işletmeye açılması işlemi hızlanmıştır. Buna paralel olarak gelişmişlik seviyesi yüksek olan ülkelerde bölmeden çıkarma işlerinde insan ve hayvan gücünün kullanımı oldukça düşük seviyelerde olup ağır işlerde sürekli çalışan, iklim koşullarından etkilenmeyen, çalışma hızı ve verimi yüksek, çalışma emniyeti yüksek olan modern makineler kullanılmaktadır. Buna rağmen gelişmekte olan ülkeler sosyo-ekonomik yapıları

itibariyle ormanda bölmeden çıkarma işlerinde halen insan ve hayvan gücünden faydalanmakta ve bölmeden çıkarma işlerinin genellikle makinesiz gerçekleştirmektedir (Gümüş, 2013).

Bölmeden çıkarma çalışmalarının iyi planlanması, zaman kaybını önlemede, çevreye ve hammaddeye verilen zararları asgariye indirmede, dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlaması açısından oldukça önemlidir. Planlamanın gerçekleştirilmesinde teknik, ekonomik ve çevresel faktörlere göre farklı araç ve yöntemler kullanılabilmektedir (Sancal, 2010).

Türkiye'de en yaygın olarak kullanılan bölmeden çıkarma tekniği, yaklaşık %95 oranında zemin üzerinde sürütme yöntemidir. Ülkemizde zemin üzerinde sürütme; insan gücü (%72), hayvan gücü (%15) ve traktör (%8) gücüyle gerçekleştirilmektedir. Bunların yanı sıra tamamen askıda ya da bir ucu askıda olarak tasıma yapabilen hava hatları (%5) gibi makine gücüne bağlı basit ve ara teknolojiler de kullanılmaktadır (Türk, 2016).

Erdaş vd. (2007), yaptıkları çalışmada üretim işlerinin planlanmasında, bölmeden çıkarma yöntemlerini genelde arazi eğim sınıflarına göre belirlenmesi gerektiğini ifaderek tarım traktörü ile sürütme ve hayvan gücü ile taşıma yönteminin %0-33 egimli alanlarda, orman traktörü ile kablo çekimi suretiyle bölmeden çıkarma yönteminin %34-50 eğimli alanlar ve hava hattıyla kablo çekimi ile bölmeden çıkarma yönteminin %50< eğimli alanlarda kullanılmasının ormancılıkta üretim çalışmaları için verimli sonuçlar doğuracağını belirtmiştir.

Eker ve Acar (2006), odun üretimi sırasında bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılacak insan gücü ve makine gücü kaynaklarının ne kadar ve hangi bölmelerde, ne zaman kullanılacağı planlayarak kaynakların rasyonel kullanımı sağlamaya yönelik bir model geliştirmiştir. Model sonucunda yoğun insan işgücüne bağlı üretim yöntemlerinin ortalama üretim maliyetlerini % 28 kadar azaltması bakımından avantaj sağlanabileceğini ifade etmiştir.

1.1.4.1 İnsan gücüyle bölmeden çıkarma

Odun hammaddesinin bölmeden çıkarılması işlerinde kullanılan en eski ve en basit olan yöntem insan gücünden ve tomruğun ağırlığından yararlanılan yöntemdir. Özellikle düz ve düze yakın alanlarda bölmeden çıkarma işlerinde insan gücünün kullanılması başarı ve verimliliği düşürmektedir. Fakat arazinin eğimli olduğu durumlarda eğimden ve tomruğun kendi ağırlığından faydalanılarak ve çok basit el araçlarından yaralanılarak bölmeden çıkarma verimli bir şekilde sağlanabilmektedir (Acar, 1998).

Eğimi yüksek arazide, tomruk şeklinde hazırlanmış ürünler yardımcı el araçlarından da yararlanılarak yuvarlama, atma ya da kendi ağırlığı ve yer çekiminin etkisi ile kaydırma şeklinde bölmeden çıkarılmaktadır. Ancak, bu şekilde bölmeden çıkarma uygulaması hem ormanda, hem de taşınan üründe birçok zararlara yol açmaktadır. Bu zararların başında, çevredeki ağaçların çarpma sonucu yaralanması, toprak üst yüzeyinin, bitki örtüsünün ve özellikle genç bireylerin tahrip edilmesi, taşınan üründe meydana gelen kalite ve hacim kayıpları gelmektedir (Karaman, 2001).

İnsan gücüyle bölmeden çıkarma genel olarak üç şekilde yapılmakatdır. Bunlar; insan gücüyle taşıma suretiyle bölmeden çıkarma, zemin üzerinde kontrollü kaydırarak bölmeden çıkarma ve zemin üzerinde kontrolsüz kaydırarak bölmeden çıkarma şeklinde ifade edilmektedir.

Öztürk (2009), yapmış olduğu çalışmada 3 bölmeden çıkarma tekniğinin kalan ağaçlar, fidanlar ve taşınan emvallerde çeşitli fiziksel zararlar oluşturduğu ve bu zararların kullanılan bölmeden çıkarma tekniklerine göre önemli derecede birbirinden farklı olduğunu belirtmiştir. İnsan gücü ile bölmeden çıkarma her üç unsur üzerinde de en yüksek derecede zarara neden olduğunu, ardından bunu traktörle bölmeden çıkarma ve hava hatları ile bölmeden çıkarma yöntemlerinin takip ettiği belirlenmiştir. Buradan hareketle en uygun bölmeden çıkarma tekniğinin kullanılması durumunda kalan ağaçlarda, fidanlarda ve taşınan ürünlerde oluşan zararların en aza indirilebileceği konusunda önerilerde bulunmuştur.

1.1.4.2 Hayvan gücüyle bölmeden çıkarma

Bu yöntemde her ne kadar hayvanlar taşıma aracı olarak kullanılıyor olsada, insan da bu yöntemde oldukça etkindir. Güç kaynağı olarak genelde at, manda, katır ve öküz gibi koşum hayvanları kullanılmaktadır. Çekme gücü bölmeden çıkarmada kullanılan hayvanın cinsine, ağırlıklarına, çekim sırasındaki hazırlama ve çekme mesafesinin uzunluğuna göre değişmektedir (Karaman, 2001). Hayvan gücüyle taşımada en uygun taşıma yukardan aşağıya doğru arazi eğiminin % 0-25 olduğu alanlarda, aşağıdan yukarı ise %0-15 olduğu alanlarda gerçekleştirilir (Erdaş, 2008).

Hayvan gücüyle bölmeden çıkarma ülkemizde uygulamada yeri olan bir metottur. Hayvan gücü ile bölmeden çıkarmada ormanda meydana gelebilecek tahribatı asgaride kalması bakımından çalışmalar sürütme yolları üzerinde yapılmaktadır (Acar, 2004). Fakat bu metodun; çekim gücünün yetersiz kalması, büyük hacimdeki gövdeleri bölmeden çıkarmada yeterli olmaması, yamaç yukarı yapılamaması, en çok 100 m gibi bir sürütme mesafesi için uygun ve ekonomik olması, hayvan bakımının orman içinde zor olması, özel bakım yeri ve bakıcı gerektirmesi gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır (Erdaş, 2008).

Hayvan gücü ile bölmeden çıkarma 5 farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlar; "Doğrudan Zemin Üzerinde Sürütülerek Bölmeden Çıkarma", "Hayvanların Sırtına Yük Yüklemek Suretiyle Bölmeden Çıkarma", "Hayvan Gücünden Yararlanarak Kablo Çekimi ile Bölmeden Çıkarma", "Hayvan Gücü ile Kızak Ve Benzeri Araçlarla Bölmeden Çıkarma" ve "Hayvan Gücü ile Çekilen Arabalarla Bölmeden Çıkarma" olarak ifade edilmektedir (Eroğlu ve Özmen 2010).

1.1.4.3 Makine gücüyle bölmeden çıkarma

İnsan ve hayvan gücü ile bölmeden çıkarma kas gücüne dayalı metotlar olup ikisi de yukarıdan aşağıya doğru bölmeden çıkarma işleminde verimli olarak kullanılır. Fakat bölmeden çıkarma işlerinde makine gücünün kullanılmasıyla aşağıdan yukarıya doğru da bölmeden çıkarma işleri yapılmaya başlanmıştır. Türkiye'de makine gücüyle bölmeden çıkarma çalışmalarında %8 kullanım oranı ile traktörlerle bölmeden

çıkarma, %5 kullanım oranı ile ise orman hava hatlarıyla bölmeden çıkarma yöntemleri kullanılmaktadır (Acar,2004).

1.1.4.3.1 Traktörle bölmeden çıkarma

Hayvan gücü ile bölmeden çıkarmanın yeterli olmadığı durumlarda, kaydırarak bölmeden çıkarmada meydana gelen zararların azaltılması gerektigi yerlerde kullanılan metottur (Acar, 2004).

Odun hammaddesinin sürütülerek bölmeden çıkarılmasında, tarım traktörleri en verimli %0-33 eğime sahip arazilerde çalışmaktadırlar (Bayoğlu, 1996; Erdaş vd., 2007). Arazi eğiminin %30'dan fazla olduğu alanlarda traktörün manevra kabileti azalacağı için bu alanlarda traktör uygun bir yerde sabit bırakılarak kablo çekimi yöntemiyle bölmeden çıkarma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Tarım traktörleri ile bölmeden çıkarma 4 değişik sekilde yapılmakta olup bunlar; doğrudan sürütme seridi üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma, kablo çekimi ile bölmeden çıkarma, traktörün arkasına takılan bir sele yardımıyla bölmeden çıkarma, traktör treyler yardımıyla bölmeden çıkarma ve vinçle bölmeden çıkarmadır.

Tarım traktörü: Tarımsal amaçla imal edilmiş, güçleri düşük ön iki tekerleği küçük olan ve ormancılık amaçları için donatılmamış olan traktörlerdir. Fakat tarım traktörlerine çeşitli ekipmanlar modifiye edildikten sonra üretim çalışmalarında sürütücü, kablo çekimi, yükleyici, taşıyıcı ve vinçli hava hattı olarak kullanılma imkânına sahiptir (Öztürk ve Akay, 2007).

Orman traktörleri: Ormancılık faaliyetlerinde çok yönlü olarak kullanılan, ön ve arka olmak üzere iki parçadan oluşan ve bu iki kısmın birleştiği yerde bir eksen etrafında dönebilen bir yapıya sahiptir. Bu traktörler, çok küçük yarıçaplı kavislerde dönüş imkânına ve büyük manevra kabiliyetine ve arazi eğiminin % 40-50 olduğu alanlarda çalışabilme yeteneğine sahiptirler. Ayrıca orman traktörlerine monte edilmiş hidrolik sistem sayesinde kendi çalışacağı yolların yapımı-bakımını, bütün ağaç gövdesi ve tomrukların istiflerini yapabilmektedirler (Acar, 1998).

Orman traktörlerine monte edilen tamburlar sayesinde 150 m'ye kadar mesafelerden kablo çekimi yapılarak bölmeden çıkarma çalışmaları yapılabilmektedir. Böylece orman traktörünün ormanlık alana girmeden, orman yolunda durarak çalışması mümkün olabilmektedir. Bu sayede traktörün orman toprağına yaptığı sıkıştırma basıncı engellenmiş olmakta, kalan meşcereye, gençliğe minimum düzeyde zarar verilebilmekte ve ayrıca çalışma kolaylığıda sağlanmaktadır (Karaman, 2001). Orman traktörlerinin ülkemiz ormancılık faaliyetlerinde en çok kullanılan tipleri, ortalama 80-120 HP güce sahip olan MB-Trac 700, MB-Trac 800, MB-Trak 900 ve MB-Trac 1000'dir (Sancal 2010).

Traktörle doğrudan sürütme şeridi üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma

Bu yöntem sürütme şeridi eğiminin %0-33 arasında olduğu arazide kullanılmaktadır. Odun hammaddesi tarım traktörünün zincirlerine bağlanarak sürütme şeritleri üzerinde sürütülerek geçici istif yerlerine ulaştırılmaktadır.

Kablo çekimi ile bölmeden çıkarma

Bu yöntemde kablo çekimi yapılacağı yere gelen traktör durur ve traktörün tamburu boşa alınır. Bir isçi tamburdan çözdüğü kabloyu çekerek orman içindeki ürüne doğru götürür. Kablo orman ürününe bağlanır. Kablo çekimine hazırlanan traktörün destek tablasının oturtulmuş olması gerekmektedir. Kablonun ürüne bağlanması çoker (zincir) sistemiyle yapılır. Traktörün orman yolundan bir sürütme şeridi ile meşcere içerisine girmesi ve oradan ürünü önce bir ön sürütme ile sürütme şeridi kenarına kadar çekmesi sonra sürütme şeridi üzerinden sürüterek en yakın yerdeki geçici istif yeri kenarına kadar sürütmesi ile bölmeden çıkarma işlemi tamamlanmış olur (Acar, 2004).

Traktörün arkasına takılan bir sele yardımıyla bölmeden çıkarma

Sanayi, yakacak ve istif odunlarının bölmeden çıkarılmasında kullanılır. Traktöre sele adı verilen bir ekipman takılarak yapılan bir bölmeden çıkarma metodudur. Odunlar meşcere içerisinde ön sürütme ile traktör yoluna getirilir ve traktörün selesine atılır. Bu şekilde istif yerine getirilirler ve istif edilirler. Bu yöntemde bölmeden çıkarma işlemi çok kısa süre içerisinde tamamlanır. 1 isçi traktör operatörü olarak 1 işçide

yüklemeyi yapmak üzere en az 2 işçiden oluşan bir ekiple çalışma gerçekleştirilir. Ayrıca bu yöntem ormanı korur, ikinci derece ürünleri bölmeden çıkarır, ek gelir sağlar ve traktörün tarımdan arta kalan zamanlarda orman islerinde kullanımını sağlar. Türkiye'de son derece fazla kullanılan bir yöntem olup özellikle Düzce ve yöresinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Acar, 2004).

Traktör treyler yardımıyla bölmeden çıkarma

İki akslı olanlara treyler, tek akslı olanlara ise römork adı verilir. Her türlü tomruk ürünlerini römorklara veya treylerlere yükleyerek bölmeden çıkarılmasını sağlarlar. Traktör yolları üzerinden geçerek gerekli yerlerde durarak yüklemeler yapılır. Meşcere içlerine giremedikleri için ön sürütmeye ihtiyaç duyulur. Treyler düz alanlarda kullanılır ve hareket kabiliyeti römorklara göre daha azdır (Acar, 2004).

1.1.4.3.2 Orman hava hatları ile bölmeden çıkarma

Dik ve dağlık arazi şartlarına en elverişli ve en ekonomik bölmeden çıkarma yöntemlerinden biri orman hava hatlarıdır. İnsan gücü ile bölmeden çıkarmada hacim sınırlı ve kaydırma tek yönlü yapılabilmektedir. Hayvan gücü ile bölmeden çıkarmada yüksek eğimli arazide yamaç aşağı bölmeden çıkarma yapılamaz. Traktörle bölmeden çıkarma eğimi yüksek yerlerde yine yamaç aşağı doğru nakliyata imkân vermekte ve kablo boyunun kısa olması gibi olumsuz durumlar söz konusu olabilmektedir. Dolayısıyla bu olumsuz koşulları gidermek için hava hatları geliştirilmiştir (Acar, 1998; Karaman, 2001). Ayrıca geleneksel bölmeden çıkarma metotlarının kullanılmasıyla oluşan hacim kayıpları ve meşcere zararı orman hava hatlarının kullanılmasıyla minimuma inmektedir. Orman yol yapımının ekonomik olmadığı ve güç arazi koşullarında yol ağı tamamlanamamaktadır. Bu gibi durumlarda orman hava hatları çok iyi bir çözüm aracı olmaktadır (Eroğlu, 1997). Ülkemizde hava hatlarıyla bölmeden çıkarma çalışmaları özellikle Karadeniz Bölgesi'nde (Artvin, Trabzon, Gümüşhane, Zonguldak ve Kastamonu) ve Akdeniz Bölgesi'nde (Antalya, İzmir) gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde çoğunlukla kısa mesafelerde Koller K 300, orta mesafelerde URUS MIII, uzun mesafelerde Baco ve Gantner tipi orman hava hatları kullanılmaktadır (Acar, 2004).

Ülkemizde kullanılan ilk hava hatlarının sadece yukarıdan aşağıya doğru taşıma yapabilmesi ve motorun yukarı istasyonda kurulmasından dolayı tesisinin son derece zor olduğu düşünülmüş ve çok fazla verim sağlanamamıştır. Ancak daha sonra geliştirilen mobil vinçli hava hatları ile bu problem giderilmiştir ve aşağıdan yukarıya, yukardan aşağı ve düz alanlarda her yönden bölmeden çıkarma işlemi gerçekleştirilmiştir. Hava hattı motorunun taşıyıcı araçla birlikte aşağı istasyonda durduğu halde yukarıdan aşağı yönde taşıma yapabilmesi önemli bir durumu ortaya koymuştur. Bu son sistemle beraber bölmeden çıkarma problemsiz ve çok verimli bir hale getirilmiştir. Bu sistem 1985'ten beri kullanılmaktadır (Acar, 1998). Orman hava hatları ile bölmeden çıkarma yöntemleri genel olarak aşağıda belirtilmiştir:

a) Tel Kaydıraklar ile Bölmeden Çıkarma: Tel kaydıraklar ile genellikle minimum %20-25 eğimde, en fazla %60 eğimde taşıma yapılmaktadır. Genellikle 200-400 m hat uzunluklarında kullanılmaktadır.

b) Teleferik Sistemi ile Bölmeden Çıkarma: Mekanize bir sistem olup motor gücü ile taşıma sayesinde daha ağır odun hammaddesi, daha uzun mesafede ve %50-80 eğimde kontrollü olarak taşınabilmektedir.

c) Çift Tamburlu Traktör Vinçlerinin Hava Hattı Biçiminde Çalıştırılması ile Bölmeden Çıkarma: Bu uygulama kısa mesafeli hava hattı kuruluşuna benzer bir uygulamadır ve 100-150 m arasındaki mesafelerde etkili olarak kullanılabilmektedir.

d) Kısa Mesafeli Mobil Vinçli Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarma: Kısa mesafeli hava hatları 300 m ve daha kısa mesafelerde kurulan hava hatlarıdır.

e) Orta Mesafeli Mobil Vinçli Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarma: Orta mesafeli hava hatları 300-800 m arasındaki mesafelerde kullanılmaktadır.

f) Uzun Mesafeli Kızaklı Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarma: Uzun mesafeli hava hatları 800-2000 m arasındaki mesafelerde kurulan hava hatlarıdır (Erdaş, 2008; Türk, 2011).

1.1.5 Üretim Çalışmalarının Toprağa Olan Etkisi

Ormanların sürdürülebilirliğini ve gelecekte ormandan elde edilecek ürünlerin kalite ve miktarını olumsuz yönde etkileyebileceği için ormanlara verilen zararın boyutu oldukça önemlidir. Ormancılık faaliyetleri için bu durum, geçmişte sadece ekonomik kazanç amaçlı yapılan odun hammaddesi üretimi için gözetilirken günümüzde artık çevresel açıdan da göz önüne alınarak planlanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Acar, 1998).

Toprak, orman ekosistemlerinde orman verimliliği ve biyolojik çeşitliliği sürdürmek için besin, su ve enerji akışı konusunda önemli bir rol oynar (Dominati vd., 2010). Toprak büyük ölçüde uygun olmayan ormancılık faaliyetlerine karşı oldukça hassastır (Akay ve Sessions, 2001).

Odun hammaddesi üretimi esnasında sürütülen ürünler ve ormancılık çalışmaları bakımından oldukça verimli olduğu bilinen üretim taşıtları orman toprağı üzerinde çeşitli zararlara da sebep olmaktadır (Vossbrink ve Horn, 2004). Genel olarak yamaç yukarı arazide bölmeden çıkarmanın toprağa verdiği zararlar, üst tabakanın parçalanması ve erozyon oluşumu, düz arazide ise sıkıştırma şeklinde kendini göstermektedir (Ballard, 2000; Akay vd., 2007a; 2007b).

Ağır toprak hasarı, toprak ekosisteminin döngüsünü ciddi şekilde etkileyebilir. Odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılması sonucu toprak üzerine olan etkileri aşağıda sıralamıştır;

- Toprak sıkışması,
- Gözeneklilik hacminin azalması sonucu porozitenin düşmesi,
- Sıkışma sonucunda su ve hava kapasitesinin azalmanın ve hacim ağırlığında artışın meydana gelmesi
- Yüzeysel akış ve erozyon sonucunda toprak taşınması ve kaybının görülmesi,
- Humus tabakasında bozulmave azalmanın meydana gelmesi,
- Toprakta denitrifikasyon yoluyla azot kayıpları,

- Toprak verimliliğinde, besin maddesi içeriği ve toprak organik maddesinin azalmasının toprak canlılarının yaşam koşulları ve aktiviteleri üzerindeki etkilerine bağlı olarak gerilemenin meydana gelmesi,
- Toprak mikroorganizmaları gibi biyolojiksel yapısı üzerinde zararların ortaya çıkması
- Zemin üzerinde sürütme yöntemi taşıma güzergâhında bulunan ağaç ve fidanlar üzerinde kırılma, sökülme ve yaralanmaların oluşması
- Orman toprağında fiziksel ve kimyasal bozulmalara ve taşınan üründe ise kalite ve miktar kayıplarına neden olmaktadır.
- Ayrıca odun hammaddesi üretim faaliyetleri nehir sularının kalitesini, nehir ekosistemindeki besin döngüsünü ve su sıcaklığını önemli oranda etkilemektedir. Bunun başlıca nedeni sürütme faaliyetleri sonucu drenaj sistemlerine fazla sediment akışının gerçekleşmesidir (Türk, 2010; Picchio vd., 2012; Solgi vd., 2013).

Toprak sıkışması herhangi bir toprak kullanımı ve yönetimi ile ilişkili evrensel bir konudur. Ormanlar toprak koruma için en iyi arazi kullanımlardan biridir. Ancak, bölmeden çıkarma faaliyetleri sonucu tomrukları alandan çıkarmak için kullanılan ekipmalar tarafından zeminde meydana gelen basınç toprakta büyük etkilere neden olabilir. Toprağın yer değiştirmesi ve tekerleklerin sebep olduğu izler, eğimli arazide erozyon için tehlikeli durumlar oluşturabilen bölmeden çıkarma faaliyetlerinin diğer etkileridir. Son yıllarda orman makineleri, orman operasyonları sırasındaki makine performansı açısından olumlu bir gelişme yaşamasının yanında bu gelişmeler artan güç ve ağırlık anlamına da geliyordu. Bu sebepten, genel olarak yumuşak orman toprağı, ormancılık operasyonları sonucu şiddetli bir şekilde sıkışmaya maruz kalabilir.

Sıkışma, herhangi bir malzemenin yoğunlaştırılması olarak tanımlanmaktadır ve topraklarda genellikle sıkıştırmaya son derece duyarlı yapılardır. Toprak sıkışması donma-çözülme, ıslanma-kurutma döngüleri, depreme bağlı sıvılaşma ve hayvan tarafından çiğnenmesi veya insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle doğal olarak oluşur (Hillel, 1998; Scalenghe vd., 2004; Raper, 2005). Toprak sıkışması, suyun, çözünen maddelerin ve gazın toprak boyunca hareket etmesini azaltarak gazın atmosferle değiş

tokuşuna engellemesine neden olabilir (Greacen ve Sands 1980; Botta vd., 2007; Frey vd., 2009). Bu da hava geçirgenliği ve toprağın gözenekliliğinde azalmaya sebep olur ve köklerin uzamasını engeller. Böylece bitki kök fonksiyonlarının azalması su ve besin maddelerine olan erişimini ve alımını azaltır ve ormanların verimsizleşmesine neden olur (Kozlowski 1999, Cambi vd., 2017). Sonuç olarak topraklarda daha düşük oranda fide büyümesi ve üretimi gözlenir (Gebauer ve Martinkova 2012; Naghdi vd., 2016; Cambi vd., 2017). Bu etkilerin ciddiyeti toprak tipine ve ağaç türüne bağlıdır (Heninger vd., 2002; Ampoorter vd., 2011). Bunların yarı sıra makine özellikleri (dingil yükü, çekiş düzeneği tipi vb.), çalışma koşulu (örneğin, trafik sıklığı, yokuş yukarı veya yokuş aşağı çıkarma vb.) iklim, arazi gibi koşullarda toprağın sıkışmasının kapsamını ve ciddiyetini etkileyen ana faktörler arasındadır (Greacen ve Sands 1980; Eliasson 2005; Ampoorter, 2007; Naghdi ve Solgi, 2014; Allman vd., 2015). Toprak deformasyon riskinin dik yamaçlarda az eğimli amaçlara göre daha fazla olduğu çalışmalar sonucu ortaya konmuştur (Miller vd., 2004).

Toprak zararını önleyici ve azaltıcı tedbirler olarak şunlar sıralanabilir (Karaman, 2001; Akay ve Erdaş, 2007b);

- Islak topraklar sıkışmaya karşı daha hassas olduğu için uygun mevsim seçilmelidir (toprağın donmuş olması veya kuru olması)
- Tekerlek yapısı uygun traktörler seçilmeli, yardımcı ekipman ve donanım yeterli olmalıdır.
- Bir seferde fazla yükleme yapmak yerine sefer sayısı artırılmalıdır.
- Gidiş gelişlerde sürütme yolu kullanılmalı.
- Traktörün geçeceği yerlere toprağın mukavemetini artırmak için kesim artıkları serilmelidir.
- Sürütme sırasında açılan oluklar hemen kapatılmalıdır.

Toprak sıkışmasının derecesi ve şiddeti; toprak tipleri ve koşulları, makine özellikleri ve toprak / makine etkileşimleri ile ilgili faktörlerden etkilenmekte olup bununla birlikte ormancılık çalışmasının iyi yürütüldüğü alanlarda toprak deformasyonunun sadece sürütme yollarında meydana gelmesi ile sınırlı kalabilmektedir (Cambi vd. 2015).

Mariotti (2020), sıkışmış topraklar artan toprak mukavemeti toprak yüzeyinin radikül tarafından nüfuz etmesini geciktirerek fide oluşumu ve büyümesi için bir engel oluşturabileceğini ifade etmiştir. Toprak sıkışmasının, toprak suyu kullanılabilirliğini ve besin alımını sınırlandırarak yaprak fizyolojisini ve bitki büyümesini olumsuz etkileyebileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte, toprak sıkışmasının bitki büyümesi üzerindeki etkilerini açıklamak için zıt hipotezler ortaya atılmıştır. Arvidsson (1999), toprak sıkıştırmasının kök-toprak temasını kolaylaştırabileceğini ve böylece bitkiler tarafından besin ve su emilimini destekleyebileceğini öne sürmüştür. Buna benzer birkaç çalışmada sıkışmanın fide büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Alameda ve Villar, 2009; Bejarano vd., 2010).

Wallbrink vd. (2002), sürütme işleminden sonra otsu örtünün ve orman toprağının incelmesi ile beraber toprağın erozyona uğrayarak mineralizasyonun düştüğünü belirlemiştir. Böylece, orman ekosistemindeki besin döngüsünde gecikmelerin başladığını ifade etmiştir.

Solgi vd. (2019), yaptıkları çalışmada sürütme operasyonlarının toprak sıkışması ile beraber sürütmenin toprağın fiziksel ve kimyasal (organik karbon, azot, potasyum ve pH) parametrelerinde meydana getirdiği değişikleri, değişen eğim ve trafik yoğunluğu koşulları altında araştırarak toprak sıkışmasının Akçaağaç (*Acer velutinum* Boiss) fidesinin büyümesi ve gelişmesi üzerindeki etkisini tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda ağır makinelerin sürütme yolu üzerindeki trafiğinin, özellikle geçiş sayısını artırarak toprak üzerinde tutarlı etkilere neden olduğu doğrulanmıştır. Bununla birlikte, bu etki çoğu zaman sürütme izinin yakın çevresini de etkilemiştir. Kimyasal ve fiziksel özelliklerin sürütülen materyal sayısının artmasından şiddetli bir şekilde etkilendiğini ifade etmiştir. Sürütme izlerinde, bu değişiklikler üç geçişten sonra belirginleşmiş ve geçiş sayısı artıkça devam etmiştir. Sürütme izinin çevresindeki etkiler, 15 geçişten sonra sürütme izinden 0,5 m'ye kadar ve 30 geçişten sonra 1 m'ye kadar görülmüştür. Eğim ve trafiğin toprağın kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini artıran ağırlaştırıcı bir faktör olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında trafik sıklığı sıkışmanın artmasına ve sonuç olarak hacim ağırlığının artmasına (eğimi fazla olan yamaçta 30 geçişten sonra sürütme izlerinde iki kata yakın) ve porozitenin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Organik karbonun ve %N içeriğinin

eğimle beraber sürütme sıklığının artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak toprak özelliklerinde ki bu değişikliklerin ağaçların büyümesi üzerinde önemli etkilere sahip olduğu ve ortaya çıkan sonuçlar ile üretimde detaylı planlamanın önemi vurgulanmıştır. Ayrıca sürütme etkilerinin mevcut olduğunun farkında olmak, müdahalelerin ön detaylı planlanmasının olumsuz etkilerin azaltılması bakımından önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, planlanan işlemleri uygulayabilecek yetkin ve uzman operatörler tarafından yapılmasının önemli olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Akay vd. (2014), yapmış olduğu çalışmada hafif eğimli arazide, 3 sürütme mesafesinde (20 m, 40 m ve 60 m) el vinci kullanılarak odun hammaddelerinin 2 farklı yöntem için (doğrudan zemin üzerinde ve sürütme konisi ile birlikte sürütülmesi durumlarını) verimliliklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre sürütme konisinin kullanılması durumunda kalan ağaçlar üzerinde oluşan zararın %53,3 oranında azaldığı ve sürütme konisi kullanıldığında diri odunda yaralanmanın meydana gelmediği tespit edilmiştir. Sürütme esnasında sürütme konisi kullanıldığında üst toprak üzerinde oluşan tomruk izi derinliklerinin ve bozulmanın büyük oranda düştüğü tespit edilmiştir. Sürütme konisi kullanıldığında her bir sürütme mesafesinde ürünün kalan ağaç, kütük ve diğer engellere takılma riski azaldığı için sürütme zamanını olumlu etkilediği ve dolayısı ile verimliliğin artış gösterdiğini belirtmiştir. En yüksek verim 20 m'lik sürütme mesafesinde tespit edilirken, bunu sırasıyla 40 m ve 60 m'lik mesafeler izlemiştir. Çalışmalarında sürütme mesafesinin ve odun hammaddesinin hacmi ortalama verimlilik üzerinde etkili faktörler olduğunu belirlemişlerdir.

Eroğlu vd. (2016), Artvin bölgesinde hava hattı, traktör ve insan gücü ile doğu ladini meşcerelerinde yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarının topraktaki bazı fiziksel özellikleri nasıl değiştirdiğini araştırmıştır. Üretim sürecinde yer alan tomrukların yüklendiği, taşındığı ve boşaltıldığı yerledeki toprakların permeabilite, nem, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, ince ve kaba kısmı ve tekstürü 0-15 cm ve 15-30 cm toprak kademesinde incelemiştir. Çalışma sonucunda hava hatlarının toprağın fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Traktör ve insan gücü ile yapılan bölmeden çıkarma çalışmaları toprakların hem üst hem de alt kısımlarının permeabilite değerlerini önemli derecede azaltmakta, hacim ağırlığı

değerlerini arttırmakta olduğu tespit edilmiştir. Traktörle kablo çekimi ve tomrukların insanlar tarafından sürütülmesi esnasında toprak yüzeyine uygulanan basınç toprakların sıkışmasına ve boşluk boyutlarının küçülmesine neden olarak permeabilite değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bu tekniklerin toprak organik madde içeriğini ve besin seviyelerini önemli ölçüde azalttığı ve ayrıca bu iki tekniğin üst yüzeyden ölü örtü, humusu toprak organik madde içeriğini ve besin maddelerini azalttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan hareketle değerlerdeki değişiklikler zaman içerisinde toprakların yapısal özelliklerini, toprak su dengesini, kök ilerlemesini, toprak organizmalarını, besin elementi ve su alımını etkileyerek toprak verimliliğini ve ağaç gelişimini etkileyebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca bölmeden çıkarma faaliyetlerinden kaynaklanan toprak zararlarını azaltmaya yönelik olarak uygun zamanın ve tekniğin belirlenmesinin, insan gücü ile serbest kaydırmada ve traktör gücü ile kablo çekiminde uygun şeritlerin belirlenmesinin, hava hatları ile bölmeden çıkarmada ürünlerin hat boyunca tamamen askıda taşınmasının, kesim ve bölmeden çıkarma planının doğru yapılmasının önemli faydalar sağlayabileceği ifade edilmiştir.

Allman vd. (2015), lastik tekerlekli ve paletli traktörlerlerin orman toprakları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ve toprağın fiziksel olarak bozulmasında en önemli faktörlerden birini temsil ettiğini ifade etmiştir.

Cambi vd. (2015), yaptıkları çalışmada yoğun trafiğin topraklar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin kapsamının, derecesi ve süresi, toprak dokusu, nem ve içeriği, arazinin eğimi, taşıtların türü ve büyüklüğü, tekerlek şişirme basıncı, lastik şekli ve araçların geçme sıklığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğunu belirlemiştir. Ağır ekipmanlar kullanılarak yapılan orman hasatının toprağın sıkışması ve toprak morfolojisinin değişmesi bakımından son derece önemli olduğunu ve doğrudan etkilediğini ifade etmiştir. Yaptığı çalışma sonucunda toprak sıkışmasının, toprak ekolojisi ve orman üretkenliği için olumsuz sonuçlar doğurmasıyla birlikte, toprak mikroorganizmalarına ve bitkilerine oksijen ve su tedarikinde kısıtlamalar meydana getirdiği ve porozitenin azalmasıyla sonuçlandığını belirlemiştir. Özellikle tekerleklerin yaptığı patinaj izinin olduğu bölgelerde sıkışmanın en verimli toprak kısımlarının (üst toprak) akmasına ve erozyona sebep olması açısından da çarpıcı sonuçlar doğurduğunu ifade etmiştir.

Agherkakli vd. (2010), toprağın sıkışmasının en belirgin nedenin, tekerlek izlerinin oluşması (bir veya daha fazla tekerlekli veya paletli araç geçişi tarafından oluşturulan derin izler) olduğunu belirlemiştir. Toprağın karışması, su birikintisinin oluşması ve yer değiştirmesinin toprakta oluşan tekerlek izi ile ilişkili olduğunu ve bazı ortamlarda büyük önemli ekolojik etkiler yaratabildiğini ifade etmiştir.

Powers vd. (2005), yaptıkları uzun vadeli toprak verimliliği araştırmaları sonucunda toprak yüzeyinden organik maddenin tamamen uzaklaşması toprak karbon konsantrayonunda ve besin maddelerinin 20 cm derinliğe kadar olan mesafesinde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. 1,4 mg/m^3'ten fazla yoğunluklu toprakların sıkışmaya karşı oldukça dirençli olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca çoğu durumda orman toprakları, iyi gelişmiş kırıntı yapısının ve yüksek gözenekliliğinin oluşumunu sağlayan organik madde ve biyotik aktivitedeki zenginliği nedeniyle üst katmanlarda yoğunluklarının çok daha düşük değerlere sahip olduğunu belirtmiştir. Çalışmada orman verimliliğinin (ağaç gelişimi) sıkışmanın etkisiyle toprak gözenekliliğinin kaybolmasından kaynaklı killi topraklarda azaldığını, kumlu topraklarda su geçirgenliğinin fazla olmasından dolayı sıkışmanın etkilemediği ve verimliliği artırdığını ifade etmiştir.

Cambi vd. (2015), yapmış olduğu çalışmada sıkışmadan doğrudan etkilenen toprak özelliklerinin toplam gözeneklilik, gözenek boyutu dağılımı ve bağlanabilirlik olduğunu belirlemiştir. Bu özelliklerle ilişkili olarak geçirgenlik, su tutma, kayma ve penetrasyon direnci gibi ilgili toprak özellikleri değiştiğini ifade etmiştir. Bunun genellikle toprağın verimliliğinin azaltarak erozyona daha eğilimli olduğunun altını çizmiştir. Ayrıca toprak biyotasınında genellikle toprak sıkışmasından olumsuz etkilendiğini ve biyolojik süreçler, esas olarak oksijen tükenmesi nedeniyle oranlarını veya yönlerini değiştirebildiğini ifade etmiştir. Bölmeden çıkarma faaliyetleri kaynaklı sıkıştırma aynı zamanda dolaylı olarak orman topraklarının C kapasitesini azaltabilir ve en kötü durumda, onları yüksek verimli sera gazları metan ve azot oksidin net kaynakları olarak işlev gören anoksik ortamlar haline getirebildiğini söylemiştir.

Bolat vd. (2015), makineli üretim çalışmalarının yüksek verimlilik sağladığını fakat orman toprağına ciddi boyutta zarar verdiğini ifade etmiştirler. Çalışmalarında

sürütme operasyonlarının 4 farklı alanda (traktör yolu, sürütme yolu, üretim alanı ve bozulmamış alan) üst toprağa vermiş olduğu fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemeyi amaçlamışlardır. %28 ile %54 arasında değişen farklı orman zemini alanları için üç toprak nemi seviyesi belirlenmiştir. Penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı, toprak pH'ı ve kalsiyum karbonat arasında anlamlı negatif korelasyon ve penetrasyon direnci ile organik karbon, toplam N ve C/N oranı arasında anlamlı pozitif bir korelasyon bulmuşlardır. Dört çalışma alanının hepsinin ağır kil içeren (%53,5-65,2) benzer özellik gösteren topraklarda olduğu belirlenmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre, en düşük hacim ağırlığı değeri (0,89 g/cm^3) üretim alanında bulunmuştur ve en yüksek hacim ağırlığı değeri (1,15 g/cm^3) traktör yolunda tespit edilmiştir. Ayrıca, en yüksek organik C içeriği sürütme yolunda %5,57 ve en düşük organik C içeriği %1,52 olarak traktör yolunda belirlenmiştir. Parçacık yoğunluğu, kum, silt, kil ve elektriksel iletkenlik değerlerin 4 alanda da aralarında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. 4 alanda toprak penetrasyon dirençleri 0-5 cm derinlikte 0,103-1,412 MPa ve 5-10 cm'de 0,351-1,516 MPa arasında değişmektedir. Penetrasyon direnci azaldığında toprak nem içeriği artığını ifade ederek mekanize hasat işlemleri yağış ve toprak nemine göre düzenlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Çalışmanın yine bir sonucu olarak, üretim işlerinin toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerinin genellikle killi topraklarda olduğu ifade edilmiştir.

Enez vd. (2015), üretim çalışmalarının üç farklı tür (Doğu Karadeniz Göknarı, Sarıçam, Anadolu Kestanesi) üzerinde ki ölü örtü birikimini araştırmıştır. Çalışma kontrol alanı, sürütme yolu, üretim artıklarının biriktiği alanlar ve üretim çalışmalarının yapıldığı alan olmak üzere 4 farklı deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda ölü örtü birikiminin farklı ağaç türlerinde ve farklı deneme alanlarında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark olduğu tespit edilmiştir.

Missanjo vd. (2014), toprak deformasyonunun ve sıkışmanın toprağın fiziksel özellikleri ve ağaç büyümesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Fakat yapılan çalışmada, vejetasyon dönemlerinde toprağın bozulması veya sıkışmasından kaynaklanan ağaç boyu ve çapı üzerinde hiçbir zararlı etkinin olmadığı belirlenmiştir.

Daddow vd., (1983), çalışmasında toprak sıkışması, pH ve su tutma kapasitesinin azalmasına, hacim ağırlığının artmasına neden olduğunu belirterek bitki köklerinin nüfuz edemediği hacim ağırlığı kritik seviyesinin 1,40 ile 1,55 g/cm^{-3} arasında olduğunu ifade etmişlerdir.

Yüksek ve Yüksek (2009), yaptıkları çalışmada Kızılağaç meşcerelerinde yapılan sürütme operasyonlarının toprak özelliklerine ve toprak üstü biyomasa olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışma kontrol alanı, sürütme yolu ve hasat çalışmalarının yapıldığı alanlarda iki derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10 cm) gerçekleştirilmiştir. 0-5 cm topak derinliğinde sürütme yolunda kontrol alanına ve üretim yapılan alana kıyasla hacim ağırlığı 0,90 gr/cm^{-3}' dan 1,52 gr/cm^{-3}' e yükselmiştir. Toprak organik madde içeriği %4,77' den %1,65'e, hidrolik iletkenlik 86,34 cm h^{-1}'den 9,6 cm h-1 düşmüştür. Toprak sıkışma değeri 0,314 MPa'dan 0,633 MPa'ya yükselmiştir. Kum, kil, toz ve pH değerinde bir değişme olmamıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise sürütme yolunda kontrol alanına ve üretim yapılan alana kıyasla hacim ağırlığı 1,12 gr/cm^{-3}' dan 1,65 gr/cm^{-3}'e yükselmiştir. Toprak organik madde içeriği %2,96' den %0,70'e, hidrolik iletkenlik 55,44 cm h^{-1}'den 2,30 cm h^{-1} düşmüştür. Toprak sıkışma değeri 0,547 MPa'dan 0,976 MPa'ya yükselmiştir. Kum, kil, toz ve pH değerinde bir değişme olmamıştır. Sürütme yollarında ki olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için üretim zamanının optimizasyonunun yapılması gerektiğini ve sürütme yollarının rehabilitasyonunu öneri olarak sunmuştur.

Varol vd. (2020), yapmış oldukları çalışmada ATV' ye bağlı dört tekerlekli küçük ölçekli tomruklama ekipmanları kullanarak farklı sayıda geçişlerin toprak sıkışması üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada toplam sürütme iz alanından ve iki tekerleğin iz alanının her birinden 11 ölçüm yapılarak toplamda 33 noktadan sıkışma değerleri elde edilmiştir. Sıkışma değerleri 0-40 cm toprak derinlik kademesinde 5'er cm aralıklarda ölçülmüştür. Sürütme yapılmadan önceki üst toprak sıkışma değerinin diğer derinliklere göre 2.5-3 kat daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik sonucuna göre 60. geçişe kadar geçiş sayısının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu belirlemiştir. Ancak, 60 ve 80 ile 100 ve 120 arasında meydana gelen sıkıştırma değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Her bir bölge için, 15-40 cm derinliklerinde toprak

sıkışma değerlerinin üst toprağa göre yaklaşık 4 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sıkışma değerleri 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 3 kat artmıştır. Sürütme bölgesindeki ortalama toprak sıkışma değerleri, 5 cm'den büyük derinliklerde tekerleğe göre yaklaşık 1,5 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Farklı sürütme yollarının kullanılması toprak sıkışmasını azaltacak, orman toprak bütünlüğünü sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Lee vd. (2020), Korede yaptıkları çalışmada kıskaç ve paletli taşıyıcılı küçük paletli ekskavatör kullanarak iki farklı yol tipinde (sürütme şeridi ve tali şeritler) toprağın hacim ağırlığını, gözenekliliğini ve doymuş hidrolik iletkenliğini belirlemeyi ve bu alanlarda meydana gelen sıkışmayı karşılaştırmayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda en yoğun sıkışma, kontrol şeridine kıyasla artan hacim ağırlığı, azaltılmış gözeneklilik ve hidrolik iletkenlik ile sürütme şeritlerinde ve tali şeritlerde gerçekleşmiştir. Hacim ağırlığı kontrol şeridine kıyasla her iki yolda %27–%53 oranında artarken gözeneklilik (porozite) %23–%49 oranında azalmıştır. Ortalama olarak, 0-20 cm derinliklerinde doymuş hidrolik iletkenlik, her iki yolun en sıkıştırılmış bölümlerinde 337,5 mm h^{-1}'den 30,5 mm h^{-1}'e düşmüştür. Sürütme şeritlerinin daha sık araç hareketine maruz kalmasından dolayı bu yollar tali şeritlere göre toprak sıkışmasına karşı daha hassas yerler olduğunu belirtilmiştir. Bu çalışmanın, daha çevre dostu mekanize bölmeden çıkarma operasyonlarının planlanmasında orman danışmanlarına ve saha yöneticilerine yardımcı olacak faydalı bilgiler sunduğunu vurgulamıştır.

Nazari vd. (2020), çalışamalarında ladin ormanında eski bir sürütme yolu üzerinde yapılan makine kaynaklı meydana gelen toprak sıkışmasının etkisi ile toprağın fiziksel, kimyasal ve mikro biyolojik özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Çalışmada toprak üstünden makine ile 8 kez geçilerek sıkışma testi uygulanmış olup bunun sonucunda da makinenin toprağa uygulamış olduğu maksimum toplam yük 32,2 Mg olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda sıkıştırma işlemi, hacim ağırlığını önemli ölçüde artırmış ve gözenekliliği azaltmıştır. Fakat toprak organik karbonu, toplam azot içeriğini ve pH değerini önemli ölçüde etkilememiştir.

Haas vd. (2020), Almanya'da ormanlık alanda iki faklı bölmeden çıkarma yöntemi (harvester-forwarder ve traktör ile kablo çekimi) kullanarak erozyon potansiyelini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda ağır iş makineleri ile yapılan bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile yapılan kablo çekimine göre erozyona daha az eğilimli olduğunu FS WEPP (Forest Service WEPP) modelini kullanarak ortaya koymuşlardır.

Espahbodi ve Eghtesadi (2019), çalışmasında sürütme yollarındaki trafik sayısının (0, 1-5, 6-10, 11- 15 ve > 15 geçiş) ve farklı sürütme yönlerinin (yokuş yukarı ve yokuş aşağı sürütme) toprak sıkışması ve fidelerin üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda sonuçlar, en büyük hacim ağırlığı artışının sürütmenin ilk birkaç geçişi sırasında (1-5 geçişte) meydana geldiği tespit edilmiştir. Hacim ağırlığındaki artışlar 20-30 cm toprak derinlik kademesinde ki hacim ağırlığı değerlerinde ki artışın önemli seviyede olduğu belirlenmiştir. Yokuş yukarı sürütmenin (1/24 gr/cm^3) yokuş aşağı süretmeye (1/19 gr / cm^3) göre hacim ağırlığı değerlerini daha çok artırdığı belirlenmiştir. Yokuş yukarı ve yokuş aşağı sürütme yönlerinin fidan yoğunluğunu etkilemediği fakat 10 defadan fazla trafik geçişinin yokuş yukarı ve yokuş aşağı sürütmede fidelerin yoğunluğunu ve büyümesini azalttığı tespit edilmiştir.

DeArmond (2019), yaptıkları çalışmada Orta Mazonia 'da PWA hasat sistemini içeren üç temel faaliyetin etkilerini ((1) paletli bir traktör tarafından yeni sürütme şeridi yapımının, (2) traktör ile tomruk çekiminin ve (3) lastik tekerlekli ağır makinelerin sebep olduğu deformasyonların) değerlendirmiştir. Bu etkiler, toprağın hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci biçiminde toprağın fiziksel özelliklerinin ölçümü ile nicelendirilmiştir. Çalışma sonucunda orman toprağının tek bir traktör girişi sonra, artan bir kök büyümesini sınırlayan hacim ağırlığına ve penetrasyon direncine maruz kaldığını belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda en büyük etkinin sürütme yolu yapımından kaynaklandığını, kablo ile çekimin toprağı sıkıştırarak ormanın yenilenmesini engellediğini ve kuru toprak koşullarında sürütmenin yapılmasının iz oluşumuna ve sıkışmanın artışına neden olduğunu belirlemişlerdir.

Shabani vd. (2019), çalışmalarında toprağın özellikleri üzerindeki orman hasat etkilerini tahmin etmek için bir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Ayrıca çalışma, 39 zemin tabanlı sürütme çalışmalarından toplanan toprak verilerini kullanarak bozulan orman toprağının genişliğinin tahmin etmeyi amaçlamıştır. Meşcere özellikleri, araziler, toprağın fiziksel ve mekanik özellikleri ve çıkarma yöntemi gibi yerel koşullara ilişkin veriler toplanmış ve bunlar belirleyici faktörler olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda makaslama direncinin, kayma direncinin, eğilme direncinin, koni indeksinin ve çıkarılan hacmin sıkıştırma alanı üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük toprak yer değiştirme, yumuşak eğimde, çıkarılan hacmin 5 m^3 / ha'dan daha düşük olduğu killi-tınlı topraklarda olduğu tespit edilmiştir. Genel regresyon analizi uygulanarak mekânsal tahmin yöntemi kullanılmış ve jeo-uzamsal öngörücü bir toprak bozukluğu modeli geliştirilmiştir. Zemine dayalı hasat operasyonları sırasında meydana gelen toprak rahatsızlığına duyarlı arazi tipleri konumsal olarak CBS tarafından belirlenmiştir.

Pinard vd. (2000), çalışmasında ormandan çıkarılan hacmin, toprak bozulma modellemesinde belirleyici bir değişken olduğuna vurgu yapmıştır. Çalışmasında bu değişkendeki artışın toprak sıkışması ve yırtılmasını artırdığını ifade etmiştir. Hektar başına yüksek tomruk hacmi olan alanların, toprak bozulmasının artmasına neden olan taşıma kapasitesi, makine tipleri ve trafik açısından değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Jaafari (2014), üretimden sonra toprağın kimyasal özelliklerinin ani değişimler olduğunu yaptıkları çalışma sonucunda ortaya koymuşlardır. Sürütme işleminden hemen sonra üst toprağın kimyasal yapısını değiştiren ana mekanizmanın, daha eski toprak katmanlarını toprak yüzeyine daha yakınlaştıran veya üst toprak yer değiştirirse bunları tamamen açığa çıkaran fiziksel toprak sıkıştırması olduğunu ifade etmiştir.

1.1.6 Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler

Genel olarak istatistiksel ilişkiler bir bağımsız değişkenin bir bağımlı değişkeni etkilemesi mantığına dayanmaktadır. Fakat gerçekte birçok alanda değişkenleri etkileyen birden fazla faktör bulunmaktadır. Dolayısı ile tek değişkenli istatistiksel yöntemlerin bazen yetersiz kalmasından ve sınırlı yorumlama imkânını sahip

olduğundan araştırmalarda daha tutarlı sonuçlar elde edilmek için çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir (Albayrak, 2004).

Çok değişkenli istatistiksel analizler, araştırılan konuyla ilgili çok sayıda iç ve dış faktörleri göz önüne alarak, problemin yapısına ilişkin bilgiler çerçevesinde incelemek, birçok değişken arasındaki karmaşık ilişkilerin yorumlanmasına imkân sağlamak ve çözüme ulaştırmak için geliştirilmiştir (Erçetin, 1993; Özdamar, 1999).

Tek değişkenli istatistik yöntemler ile aritmetik ortalama, standart sapma, varyans gibi tek bir ölçü ile tanımlanan veri yapısının incelenmesine karşın çok değişkenli analiz yönteminde, elde edilen verilerle tespit edilen birden çok özelliğin, aynı anda ele alınması ve analiz edilmesi, özelliklere ait korelasyon veya varyans-kovaryans matrisinin yapısının analizi yapılması ve yorumlanması mümkün olmaktadır (Baydemir 2020).

1.1.6.1 Temel bileşenler analizi

Çok değişkenli istatistiksel analizde "n" tane bireye (nesne) ilişkin "p" tane değişken (özellik) incelenmektedir. Bu özelliklerden birçoğunun birbirleriyle ilişkili (bağımlı) ve "p" sayısının çok büyük olması analizde sorun yaratmaktadır. Değişkenlerin birbirlerine olan bağımlılığı yaklaşıkta olsa bağımsızlık kuralını zedelemektedir. Böyle durumlarda başvurulan tekniklerden en önemlisi Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis-PCA) ile aynı zamanda çok sayıda değişkene ilişkin analiz sonuçlarının yorumlanması ve özetlenmeside mümkün olmaktadır. Genel olarak değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi veya boyut indirgeme amacıyla kullanılan PCA başlı başına bir analiz olduğu gibi, başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır (Tatlıdil, 1996).

Öztürk ve Türker (2010), Devlet orman işletmeleri'ni gruplandırmada çok değişkenli istatistik analizlerden yararlanmışlardır. Sağlam (2013), toprak özelliklerini gruplandırmak için çok değişkenli istatistiksel yöntemleri kullanmıştır.

Temel Bileşenler, çok değişkenli analizlerin en eski ve en çok kullanılan tekniğidir (Jolliffe, 2002). İlk kez Pearson (1901) tarafından kullanılan teknik daha sonra bağımsız olarak Hotelling (1933) tarafından geliştirilmiştir. PCA; değişkenlerden oluşan bir veri kümesinin varyans-kovaryans yapısını, bu değişkenlerin doğrusal birleşimleri yardımıyla açıklayarak, boyut indirgemesi ve yorumlanmasını sağlayan çok değişkenli istatistiksel yöntemdir (Yaycılı, 2006). PCA ile değişkenlerin bileşkeleri diyebileceğimiz daha az sayıda birbirinden bağımsız yeni değişkenler ya da temel bileşenler oluşturulur (Joliffe, 2002).

PCA, eldeki veriyi daha az sayıda değişkenle ifade edebilecek en iyi dönüşümü belirlemeyi amaçlar. Dönüşüm sonrasında elde edilen değişkenler ilk değişkenlerin temel bileşenleri olarak adlandırılır. İlk temel bileşen varyans değeri en büyük olandır ve diğer temel bileşenler varyans değerleri azalacak şekilde hiyerarşik olarak sıralanır (Sütcüler, 2006).

PCA, özel bir modele, istatistik varsayımlara başvurmaz. Veriler bazı cebirsel ve geometrik ölçütlere göre temsil edilir. Daha açık olarak, temeli Pearson'a uzanan, ancak bilgisayarların gelişmesine paralel olarak değişimler gösterip büyük önem kazanan bu yöntemin amacı, birey x özellik tablosundaki bilginin özünü almak ve yorumu kolaylaştırmak üzere görüntülemektir (İpek, 1988).

Değişkenler kümesindeki varyansın büyük kısmını açıklayan, gerekli bağımsız boyutların minimum sayısını belirlemek ihtiyacı duyulduğunda tercih edilen yöntem olan temel bileşenler analizi ile bir obje tanımlanırken, çeşitli formlarda gösterilebilmesine karşın, hesap karmaşıklığı ve sonuçların yorumlanmasındaki güçlükler nedeniyle en basit matematiksel model olarak, doğrusal formdaki model kullanılmaktadır. Ancak analizde sonuçların yoruma uygunluğu bakımından, doğrusal dönüşümün maksimum varyansı göstermesi gerekmektedir. Temel bileşenler, değişkenlerin doğrusal bileşenleri olarak değerlendirildikleri halde kendi başlarına değil, dolaylı olarak ölçülürler. Böylece veri setinde farklı bir bakış açısı sağlayıp, yorumlama ve analizde kolaylık sağlamaktadır (Günel, 1977; Alkan, 2008).

Geometrik olarak, birbirinden bağımsız değişkenler ve eksenler üreten temel bileşenler analizinde önemli olan hususlardan birkaçı şöyle ifade edilir (Albayrak 2006);

- Birimlerin her bir eksene göre koordinatları yeni değişkenlerin birim değerlerini vermektedir. Yeni eksenlere veya değişkenlere temel bileşenler ve yeni değişkenlerin birim değerlerine temel bileşen değerleri (puanları) adı verilmektedir.
- Her bir yeni değişken, orijinal değişkenlerin doğrusal bir birleşimidir.
- Birinci temel bileşen, verilerdeki maksimum varyansı açıklayacak şekilde türetilmektedir.
- İkinci temel bileşen geriye kalan toplam varyansa maksimum katkıda bulunmaktadır. Yani birinci temel bileşen en çok, diğer bileşenler ise gittikçe azalan miktarlarda toplam varyansa katkıda bulunurlar. Bu nedenle, az sayıda bileşenle toplam varyansın büyük bir kısmı açıklanabilmektedir.
- Maksimum olarak türetilebilecek temel bileşen sayısı orijinal değişken sayısına eşittir.
- Yeni bileşenler birbirinden bağımsız olarak türetilmektedir.

Oliveira vd. (2017), yaptığı çalışmada toprak ve çevre göstergelerin kullanımını belirlemek için toprak özelliklerine bazı çok değişkenli istatistiksel teknikler uygulanabildiğini ifade etmiştir. Bu amaçla yaptığı çalışmada, toprak biliminde, problemi boyutsal olarak azaltmayı ve veri yorumlamayı kolaylaştırmayı amaçlayan PCA tekniği kullanımının bir örneğini sunmuştur.

Fontanine vd. (2007), orman kaynaklarını üretim işleri, aşırı otlatma ve yangın gibi silvikürel ve insan kaynaklı uygulamaların nasıl etkilediğini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada orman restorasyonu bağlamında, doğal bitki örtüsü dağılım modellerinin ve bitki topluluğu kompozisyonlarının bilinmesi ve saha sınıflandırması için bir çerçeveye entegre edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle, PCA analizi kullanarak Türkiye'nin Güney Anadolu'daki yarı doğal ormanların topluluk yapısını incelemiş, toplulukları belirlemiş ve bunları mevcut fitososyolojik bitki örtüsü türleriyle ilişkilendirmiştir.

Özkan (2009) çalışmasında toprak türüne göre toprağın tarla kapasitesindeki değişiminin modellenmesi amaçlamıştır. Çalışmada ilk olarak çoklu regresyon analizi

kullanılmış fakat kullanılan bağımsız değişkenlerin aralarındaki güçlü korelasyondan dolayı çoklu bağlantı problemi ile karşılaşmıştır. Daha sonra temel bileşenler regresyon analizi kullanarak bu problem ortadan kaldırmıştır. Tarla kapasitesi üzerinde etkili olan kum, kil ve toz arasındaki güçlü korelasyonlar çoklu regresyon analizi ile modelleme yapmaya engel olduğunu ifade ederek temel bileşenler regresyon analizinin modelleme için en uygun çözüm olduğunu belirtmiştir.

Gülsoy vd. (2013) Göller yöresinde menengiç türünün bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri ile ekolojik faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma 7 farklı yörede toplam 19 örnek alanda yapılmıştır. Örnek alanlar arası farklılığın belirlenmesi için verilere tek yönlü varyans analizi ve duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Menengiç meyvesinin fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ekolojik faktörlerin etkisini ortaya koymak için ise çoklu değişken analizi olarak temel bileşen ve kümeleme analizleri kullanılmıştır. Sonuçta meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin örnek alanlara göre farklılık gösterdiğini tespit etmiş olup ekolojik faktörlerden ise özellikle sıcaklık ve yükseltinin menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etki eden en önemli değişkenler olduğunu ifade etmiştir.

Kooch vd. (2020), İran'ın kuzeyinde yaptıkları çalışmada siperaltı kesim yöntemi ve tek ağaç seçme yöntemlerinin üst toprağın kalitesi ve fonksiyonları üzerindeki etkilerinin ortaya koymak için PCA yöntemini kullanmışlarıdr. PCA analizi sonucunda doğaya yakın bir sistem olarak kabul edilen tek ağaçlı sistem, toprak kalitesi ve işlevleri için barınak yönetim sistemine kıyasla daha iyi koşullar sağlamıştır.

Jia vd. (2020), ormancılıkta üretim, düşük kaliteli ormanların yönetimini geliştirebildiğini, fakat uygulamaların orman toprağı özelliklerini ve mikrobiyal toplulukları etkilediğini ifade etmiştir. Çalışmada aynı uzunlukta, farklı genişlikte şeritler (6 m, 10 m, 14 m, and 18 m) ve kontrol olarakta hasat edilmemiş bir şerit belirlenmiştir. Üretim, toprak pH'ını, toplam azotu toplam potasyumu, toprak solunumunu, toprak sıcaklığın ve toprak nemini ($p < 0,05$) önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Farklı şerit genişliklerinin orman toprağının fizikokimyasal özellikleri

ve bakteri çeşitliliği üzerindeki etkilerini belirlemek için PCA yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta toprak bakteri çeşitliliğinin en fazla 10 m genişliğindeki şeritte görüldüğü ve şerit genişliğinin toprak çevre faktörleri üzerindeki etkileri dikkate alındığında, yine 10 m şerit genişliğinin en çok istenen etkilere sahip olduğu ifade edilmiştir.

1.1.7 Çok Kriterli Karar Verme Süreci ve Yöntemleri

Hayatın her alanında karar verme problemleriyle karşı karşıya kalınmaktadır. Karşı karşıya kaldığımız karar verme problemleri özellikle çok niteliklere sahip alternatif arasında olduğu zaman seçim yapmak oldukça zor bir duruma dönüşür. Bu durumlarda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin sistematik, güvenilir çözümler sağlaması bakımından en hassas ve doğru kararların alınmasında oldukça etkili katkılar sağlamaktadır (Ömürbek ve Şimşek, 2014; Ceylan, 2018).

ÇKKV, belirlenmiş kurallara göre olası en iyi sonuca ulaşma sürecini kapsamaktadır. Gerçek hayat, problemleri genellikle aynı ölçekle ifade edemeyen ve birbiriyle çelişen kriterler içermektedir. Bu bağlamda çok fazla kriterin ve çok fazla alternatifin olduğu durumlarda karar vermek daha da zor hale gelmektedir (Vahdani vd., 2010). Böyle durumlarda kullanılan çeşitli ÇKKV yöntemlerine başvurulur. Bunların en yaygın olanları; AHP, ANP, VIKOR, ELECTRE, PROMETHEE, TOPSIS, Hedef Programlama, Doğrusal Programlama, ORESTE, MAUT, Uzman sistemler ve çeşitli Yapay Zeka modelleridir (Chen vd., 2006; Boran vd., 2009).

Karar verme sürecinde büyük ölçüde problemler ve bu problemleri ortadan kaldırabilecek seçenekler bulunmaktadır. Dolayısıyla bu karar verme süreci belli amaçlara ulaşmak için problemleri ortadan kaldırabilecek seçeneklerin içinden en uygun ve mantıklı olanın tercih edilmesine odaklanmaktadır. Karar vericiler bunu deneyimleri, yetenekleri ve elde edilen bilgileri doğrultusunda yapmaktadır (Yılmaz ve Talas, 2010).

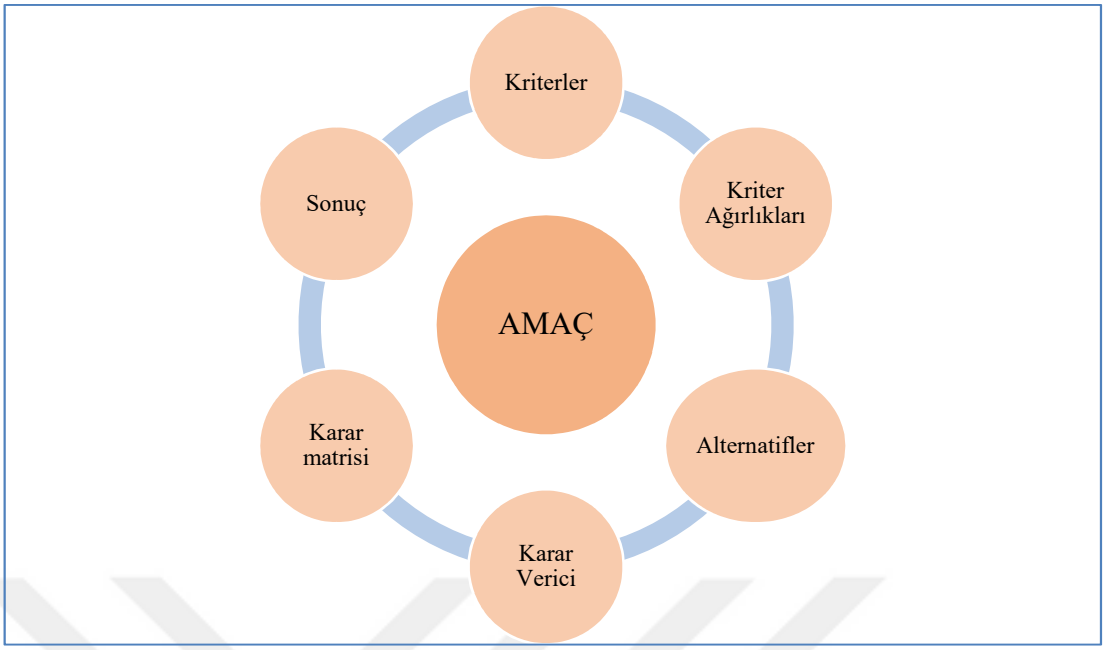
ÇKKV, birden fazla kriterle birden fazla alternatifi belirleyip değerlendirmeyi, sıralamayı ve alternatiflerden seçim yapmayı içeren model ve yaklaşımlar bütünüdür. Performans ve riskin ölçülmesinde kullanılan entegre araçlardan biri olarak bilinen

ÇKKV yöntemleri çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. ÇKKV ile alınacak kararın doğruluğu ve kalitesi, alternatiflerin değerlendirilmesi, ilgili tüm kriterlerin karar sürecine dahil edilmesi, kriterlerin ağırlıklandırılmasına ve karar sürecinin yapısına bağlıdır (Brugha, 2004). ÇKKV yöntemlerini kullanmada en önemli amaçlardan biri de, karar sürecinde genellikle öne çıkan subjektif unsurları minimuma indirmek ve şeffaflığı sağlamaktır (Shen vd., 2008). ÇKKV aynı anda uygulanan birden fazla kritere bağlı alternatifler arasından en iyi tercihin seçilmesine imkân veren bir karar verme aracıdır (Mendoza ve Prabhu, 2000) .

Çok sayıda ve genellikle çatışan kriterler açısından sonsuz olmayan karar alternatifleri arasından en iyi alternatifi seçme kapsamındaki ÇKKV adımlarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Roszkowska, 2011):

– Sistem yeteneklerini hedeflerle ilişkilendiren sistem değerlendirme kriterleri oluşturmak,
– Amaçlara ulaşmak için alternatif sistemler geliştirmek (alternatif üretmek),
– Alternatifleri ölçütler açısından değerlendirmek,
– Çoklu kriter analiz yöntemlerinden birini uygulamak,
– Bir alternatifi en iyisi kabul etmek (tercih etmek),
– Nihai çözüm kabul edilmezse, yeni bilgiler toplayarak bir sonraki çoklu kriter optimizasyon yinelemesine gitmek.

ÇKKV yöntemleri en basit tabirle en az iki alternatif arasından seçim yapılmasını amaçlayan modeller olup Şekil 1.1’ de yer olan ana unsurlardan oluşmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981; Halaç, 2001; Üçüncü, 2019).



Şekil 1.1 ÇKKV sürecinin unsurları

Amaç: Karar verme sürecinde yapılan tüm faaliyetler sonrası ulaşılmak istenen sonuçtur.

Kriterler: Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan performansların etkililiklerinin ölçüsüdür. Karar probleminin çözümünde seçenekler arasından seçim ve sıralama yapabilmek için kullanılırlar.

Kriter ağırlıkları: Karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan ve kriterlere verilen önem dereceleri olarak tanımlanır. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler aynı düzeyde önemli olmayabilir. Bu nedenle, her bir kriterin önem düzeyi belirlenmesi gerekmektedir.
Alternatifler: Karar vericinin seçim veya sıralama yapması beklenen farklı özelliklere sahip birden çok sayıda seçeneği ifade eder.
Karar verici: Belirli bir amaç doğrultusunda en iyi seçimin belirlenmesini sağlayan kişi ve toplumu ifade eder.

Karar matrisi: Karar verme sürecinde tanımlanan probleme ait alternatifler, kriterler, kriter ağırlıkları gibi ana unsurların bir arada gösterildiği matris yapısıdır. Matrisin sütunlarında karar verme probleminin çözümünde kullanılacak kriterler, satırlarında ise seçimi yapılacak alternatifler yer alır. Matris yapısı kullanılarak karmaşık

problemler anlaşılır hale gelir, alternatif ve kriterlere ilişkin çok sayıda verinin aynı anda değerlendirilebilmesi ile karar problemi kolayca çözümlenebilir.

Sonuç: Karar verme probleminin çözümünden elde edilen en iyi alternatiflerin sıralamasını gösterir.

Blagojević (2015), ormancılık yönetiminde karar vermenin çok karmaşık olduğunu ve ekonomik, çevresel ve sosyal kriterler arasındaki ödünleşimlerin dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir ve bu tür problemlerin karar verme sürecini yapılandırmak ve araştırmak için farklı çok kriterli karar verme analizi yöntemleri geliştirilmiştir. ÇKKV yöntemleri orman yönetimi sorunları için sıklıkla kullanılmasına rağmen, orman işletme sorunları için nadiren kullanıldığına dikkat çekmiştir. Bu, orman operasyonlarıyla çalışan akademisyenlerin ve uygulayıcıların ÇKKV yöntemlerinden habersiz olduklarını göstermekte olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, çalışmalarında, ÇKKV yöntemlerini orman işlemleri alanındaki acemi kullanıcılara daha anlaşılır hale getirmeyi amaçlamıştır. Aynı zamanda orman işletmelerinde ÇKKV yöntemlerinin uygulamalarını gözden geçirerek ÇKKV uygulamalarının stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere her üç planlama seviyesinde de orman işletme sorunlarına uygun olduğunu ifade etmiş ve çevresel ve sosyal yönlerin artan önemi ile, ÇKKV yöntemlerinin operasyonel planlama alanında karar verme sürecine dahil edilmesinin önemli olduğunu altını çizmiştir.

Behzadian vd. (2012), yaptıkları literatür araştırmasında dünyada TOPSIS yöntemi için çok çeşitli uygulamaları olduğunu ifade etmiştir ve bunların çoğunlukla; tedarik zinciri yönetimi ve lojistik, tasarım, mühendislik ve üretim sistemleri, işletme ve pazarlama yönetimi, sağlık, emniyet ve çevre yönetimi, insan kaynakları yönetimi, enerji yönetimi, kimya mühendisliği, su kaynakları yönetimi alanlarında uygulandığını araştırması sonucu ortaya koymuştur.

Korkmaz (2012), yapmış olduğu çalışmada Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Isparta ve Antalya Orman Bölge Müdürlükleri'ne bağlı olarak faaliyet gösteren on dokuz devlet orman işletmesinin 2006–2010 yıllarını kapsayan beş yıllık dönemdeki iktisadiliğini analiz etmiştir. Çalışmada TOPSIS (İdeal çözüme yakınlık

yoluyla tercihlerin sıralanması) yöntemi kullanılmış ve toplam altı değerlendirme ölçütüne göre iktisadilik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre iktisadilik açısından en başarılı işletmeler, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde Serik, Taşağıl ve Kumluca, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nde ise Bucak ve Sütçüler Orman İşletmeleridir. Bunun yanında bölge müdürlüğü merkezlerinde yer alan Antalya ve Isparta Orman İşletmeleri ile Elmalı Orman İşletmesini iktisadilik açısından en geride olan işletmeler olarak belirlemiştir.

Eker ve Acar (2019), odun hammaddesi üretiminde operasyonel planlama yönetiminin etkisini ortaya koyabilmek için gerçekleştirdiği çalışmada işgücü, para ve zaman girdilerini kullanarak orman kaynaklarına olan erişimi, kullanılmasını, yenilenmesini ve korunmasını hedef göstermiştir. Çalışmasında transport planlaması, üretim planlaması ve hiyerarşik planlama yöntemlerinden yararlanarak matematiksel bir çözüm modeli ortaya koyarak operasyon planı geliştirmiştir. Sonuç olarak operasyonel planlamanın karar vericilere, araştırmacılara ve uygulamacılara yol gösterici bilgiler verebileceğinin altını çizmiştir.

Türk (2011), yaptığı çalışmada endüstriyel odun hammaddesinin üretiminde tarım traktörleriyle sürütme şeritleri üzerinde sürütme işlerinin teknik, ekonomik ve çevresel zarar boyutlarını inceleyerek belirlenen olumsuzlukları en az düzeye indirmek için yeni sürütme modeli geliştirmiştir ve son olarak sürütme şeritlerinin optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Çalışmanın modelleme aşamasında Doğrusal Programlama yöntemi kullanılmış ve alana ilişkin veri tabanı CBS ile oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda optimum sürütme modeli tarım traktörleriyle bölmeden çıkarma işinde çalışma veriminin mevcut duruma göre %32,21 arttığını ve 100 m'de 1 m^3 tomruğun sürütülmesiyle, seferde 0,10 $ tasarruf elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca sürütme şeritlerinin optimizasyonu yaklaşımına göre üretim alanında, hektarda 236 m^2 alanın toprak sıkışıklığına maruz kalması, hektarda 17,86 m^3 (44829 ton) toprak kaybının olması ve hektarda 2124 adet fidanın zarar görmesi gibi olumsuz sonuçların görüldüğü belirlenmiştir.

Gülci (2014), çevresel kaynakların korunması, asli orman ürünleri üretimi aşamalarında ekonomik, çevresel ve sahaya özel çalışmaların planlanması, ekonomik

değeri yüksek ve kaliteli ürünlerin üretilmesi ilkelerini dikkate alan hassas ormancılık yaklaşımı üzerine araştırma yapmıştır. Çalışmasının alternatif bölmeden çıkarma yöntemlerinin verim ve çevresel açıdan değerlendirilmesi aşamasında 5 farklı senaryo dikkate alarak ÇKKV yöntemlerinden AHP (Analytic Hierarchy Process) yönteminden yararlanmıştır. Çalışmada üretim çalışmalarının planlanmasının hassas ormancılık çerçevesinde gerçekleştrilmesi ile ülkemiz ormancılığına katkılar sağlayacağının önemini vurgulamıştır.

Yukarıda ifade edilen birçok ÇKKV yönteminin çeşitli alanlarda kullanılmakta olup farklı özellik ve çözüm aşamalarına sahiptirler. Bu tezde ise ÇKKV yöntemlerinden olan entropi ve TOPSIS kullanılmış olup bir sonraki başlıkta ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1.1.7.1 Entropi yöntemi ve uygulama aşamaları

ÇKKV yöntemlerinde kriterlerin önem derecesini gösteren ağırlıklandırma süreci genellikle objektif ve subjektif olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır (Shemshadi vd., 2011). Subjektif ağırlıklandırma karar vericinin değerlendirmelerini içerirken, objektif ağırlıklandırma alternatiflerin sahip olduğu nicel özellikler dikkate alınır. Objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan Entropi yöntemi, karar matrisi skorlarının bilindiği durumlarda kullanılabilmektedir (Çatı vd., 2017).

Entropi kavramı, ilk defa 1865 yılında Rudolf Clausius tarafından öne sürülmüştür. Entropi terimi evrende kendi haline, doğal şartlara bırakılan tüm sistemlerin zamanla dağınıklığa, düzensizliğe ve bozulmaya doğru gideceğini ifade eder. Entropi kavramı, 1948 yılında Claude E. Shannon tarafından farklı bir kullanıma kavuşarak enformasyon entropisi halini almıştır (Zhang vd., 2011). Entropi yöntemi mevcut verinin sağladığı faydalı bilginin miktarını ölçmede kullanılmaktadır (Wu - Sun vd. 2011)

Enformasyon teoride entropi olasılık teorisi açısından bilginin içerisindeki belirsizliğin ölçülmesi olarak tanımlamıştır. Entropinin güçlü yönü uzmanların değerlendirmelerine gerek duymadan kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanmasına

imkân sağlayarak alternatiflere ilişkin skorlar üzerinden daha objektif sonuçlar ortaya koymasıdır. Bu yüzden Entropi yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinde araştırmacılar tarafından objektif ağırlıklandırma işlemi için en fazla önerilen yöntemdir (Alp vd., 2015; Akçakanat vd., 2017; Perçin ve Sönmez 2018). Ayrıca entropi yönteminde kriter ağırlıklarının elde edilmesinde başlangıç matrisi yeterlidir ve kriterlerin değerlendirilmesine ihtiyaç olmaması nedeniyle oldukça kullanışlıdır (Özdağoğlu vd., 2017). Entropi yöntemi, birçok karar verme probleminde kriterlere ilişkin önem düzeylerinin elde edilmesinde kullanılmıştır. Entropi yönteminin genellikle TOPSIS, VIKOR, SAW, MAUT gibi yöntemlerle bütünleşik bir şekilde kullanıldığı görülmektedir.

Entropi yöntemin uygulama aşamalarını şu şekilde sıralamak mümkündür: (Hwang ve Yoon, 1981)

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması
2. Aşama: Kriter Değerlerinin Normalleştirilmesi
3. Aşama: j kriterinin Entropi değerinin hesaplanması
4. Aşama: j ölçütünün sonuçları tarafından sağlanan ve bilgi farklılığının derecesini gösteren dj, değerlerinin hesaplanması
5. Aşama: j Kriter Ağırlıklarının Hesaplaması
   Hesaplanan Wj ağırlıkları $0 \leq Wj \leq 1$ kuralının sağlaması yapılır.

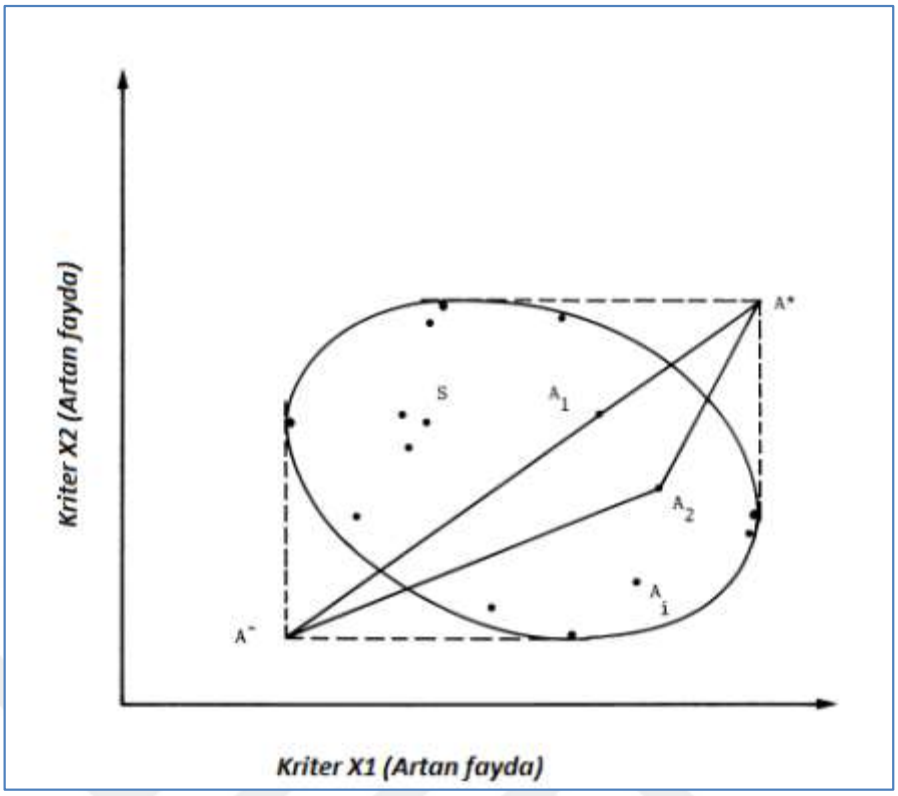
1.1.7.2 TOPSIS yöntemi ve uygulama aşamaları

Türkçe karşılığı"İdeal Çözüme Benzerlik Üzerine Tercih Sıralaması Tekniği" olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 1981'de Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen ve fazlaca tercih edilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi karar verme sürecinde kullanılabilecek matematiksel bir yöntem olup seçenekler arasında en iyi seçimi yapmaya olanak sağlamaktadır (Abalı vd., 2012). TOPSIS yöntemi tüm işletmeler için çok önemli bir performans değerlendirme yöntemidir. Bundan dolayı birçok alanda bu yöntemle ilgili çalışmalar yapılmakta olup, gün geçtikçe önemi artmaktadır (Soba ve Eren, 2011).

TOPSIS yönteminin temeli ideal çözüme yakın ve ideal olmayan çözümden uzak olan seçeneklerin belirlenerek sıralanması esasına dayanmakta ve en uygun seçimin belirlenmesi tekniği olarak başarıyla kullanılmaktadır (Chen ve Hwang, 1992; Çakır ve Perçin, 2013).

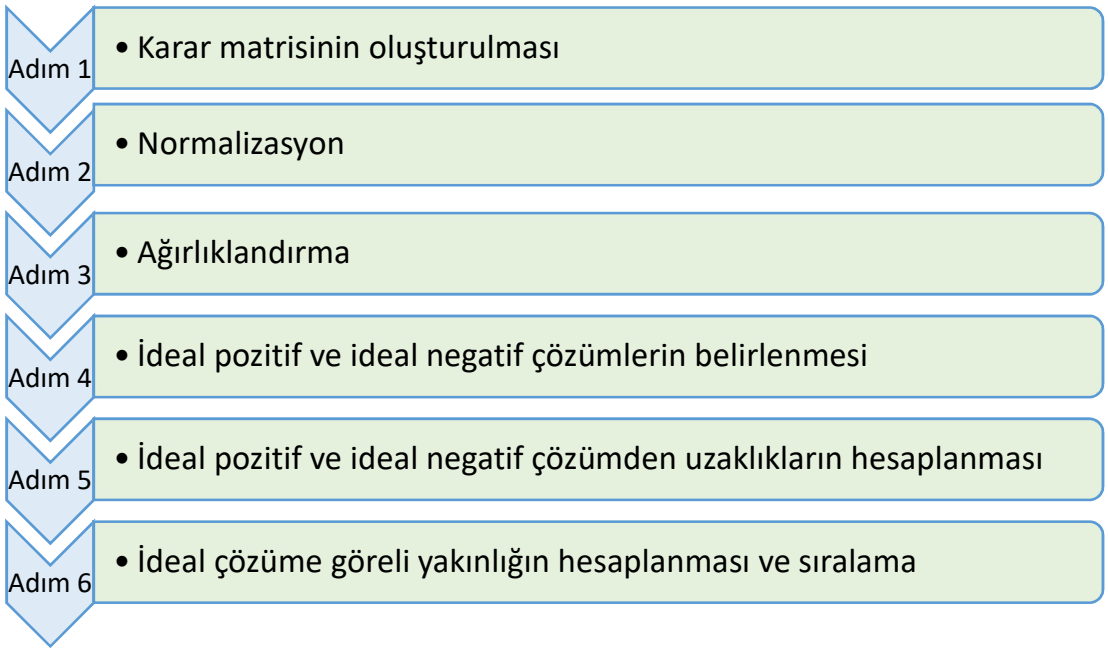
TOPSIS yönteminde, kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kesin sayılar kullanılmaktadır. Pozitif ideal çözüm, her özellik için herhangi bir alternatif tarafından sergilenen en iyi performansa sahip değerlerin bir bileşimi olarak oluşturulmuştur. Negatif ideal çözüm ise en kötü performans değerlerinin bileşimidir. Dolayısıyla pozitif ideal çözüm (ideal olan), karar noktalarının yaklaşması istenen noktayı ifade ederken, negatif ideal çözüm (ideal olmayan) ise uzaklaşılması gereken noktayı göstermektedir (Lai vd.,1994; Uludağ ve Doğan, 2016). Bu bağlamda, karar noktasının negatif ideal çözümden uzaklaştıkça, pozitif ideal çözüme yaklaştığı kabul edilmektedir. Bu durumda pozitif ideal çözüm "1", negatif ideal çözüm ise "0" ile açıklanmaktadır ve karar noktaları sadece 0 ile 1 arasında değer alabilmektedir (Uludağ ve Ece, 2018). Ayrıca TOPSIS yönteminde, Euclidean mesafe yöntemi, seçeneklerin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm mesafelerini hesaplamak için kullanılır (Turan vd., 2016). Bununla beraber TOPSIS yönteminde değerlendirme kapsamına alınan tüm kriterler eşit önemde değildir ve bu durumun temel sebebi kriterlerin farklı anlamlarda olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla kriterlerin ağırlıklandırılmasında, problemin doğasına ve niteliğine dayalı olarak farklı yöntemler devreye girebilmektedir (Chu, 2002).

Hwang (1981)'ın Şekil 1.2'de verdiği örnekte, A_1 alternatifi ideal çözüm A^*'a en yakın uzaklığa sahip iken, negatif-ideal çözüm A^-'e, diğer bir alternatif A_2'den daha yakındır. TOPSIS, ideal çözüme göreceli en yakınlığı alarak, ideal çözüme en yakınlık ile eş anlı olarak negatif-ideal çözüme en uzak olmayı sağlar.



Şekil 1.2 TOPSIS yöntemi geometrik gösterimi

TOPSIS yöntemi 6 aşamadan oluşan bir çözüm sürecini içerir (Hwang ve Yoon, 1981; Chen ve Hwang, 1992).



Şekil 1.3 TOPSIS yöntemi uygulama aşamalarını gösterir akış şeması

1.1.7.2.1 TOPSIS yönteminin avantajları

TOPSIS yöntemi karar vericilerin çözülecek sorunları düzenlemelerine ve alternatiflerin analiz, karşılaştırma ve sıralamalarını yapmalarına yardımcı olmaktadır. Yöntem aynı zamanda rasyonel ve anlaşılması kolay, her türlü kriterleri göz önünde bulunduruyor olabilmesi, güvenilir, tercih sıralaması yaratıyor olabilmesi bakımından diğer yöntemlere göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte farklı ölçeklerin yanı sıra farklı bilgi tipleriyle çalışmaya imkân veren bir yöntem olması ile birlikte karar sürecinde alternatifler belirlendikten sonra standart bir ölçüm birimi elde etmek amacıyla kriter değerlerinin normalleştirilmesi ve normalleştirilmiş bu matristeki kriterlerin ağırlıklandırılması da TOPSIS yöntemini diğer ideal çözümlere karşı tercih edilmesinde önemli bir etkendir (Çatı vd., 2017)

TOPSIS yönteminin diğer yöntemlere göre yaygın kullanılmasının ve üstünlüğünün en temel nedeni çözüme hızlı bir şekilde ulaşılabilir olmasıdır. Ayrıca karar sürecinde alternatifler belirlendikten sonra standart bir ölçüm birimi elde etmek amacıyla kriter değerlerinin normalleştirilmesi ve normalleştirilmiş bu matristeki kriterlerin ağırlıklandırılması da TOPSIS yöntemini diğer ideal çözümlere karşı tercih edilmesinde önemli bir etkendir (Olson, 2004). Ayrıca güçlü mantık yapısı, iyi ve kötü çözümleri aynı anda dikkate alması bakımından avantajlara sahip bir yöntemdir. TOPSIS yönteminin avantajlarından bir diğeri de çok az bir subjektiflik içermesidir. Buna göre yöntemdeki tek subjektif nokta kriter ağırlıklarıdır (Genç ve Masca, 2013; Praveenkumar ve Sathishkumar 2016). TOPSIS yöntemi diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında karmaşık algoritma içermemesi, kolayca programlanabilen hesaplama işlemine sahip olması özelliği ile sade bir karar verme tekniği olarak görülmektedir ve bu nedenle mühendislik, üretim gibi sektörlerin yanı sıra pazarlama, iletişim, tedarik zinciri alanlarında da tercih edilmektedir (Shih vd., 2007).

Wang (2016), yaptığı çalışmada mevcut toprak koruma projelerinin faydalarını değerlendirmek için entropi teorisini TOPSIS tekniğe entegre ederek Entropi-TOPSIS yöntemi geliştirmiştir. Sonuçların etkili toprak koruma ölçüm yöntemlerinin belirlenmesi ve tatmin edici yönetim mekanizmaları oluşurulması için faydalı olduğunu ifade etmiştir.

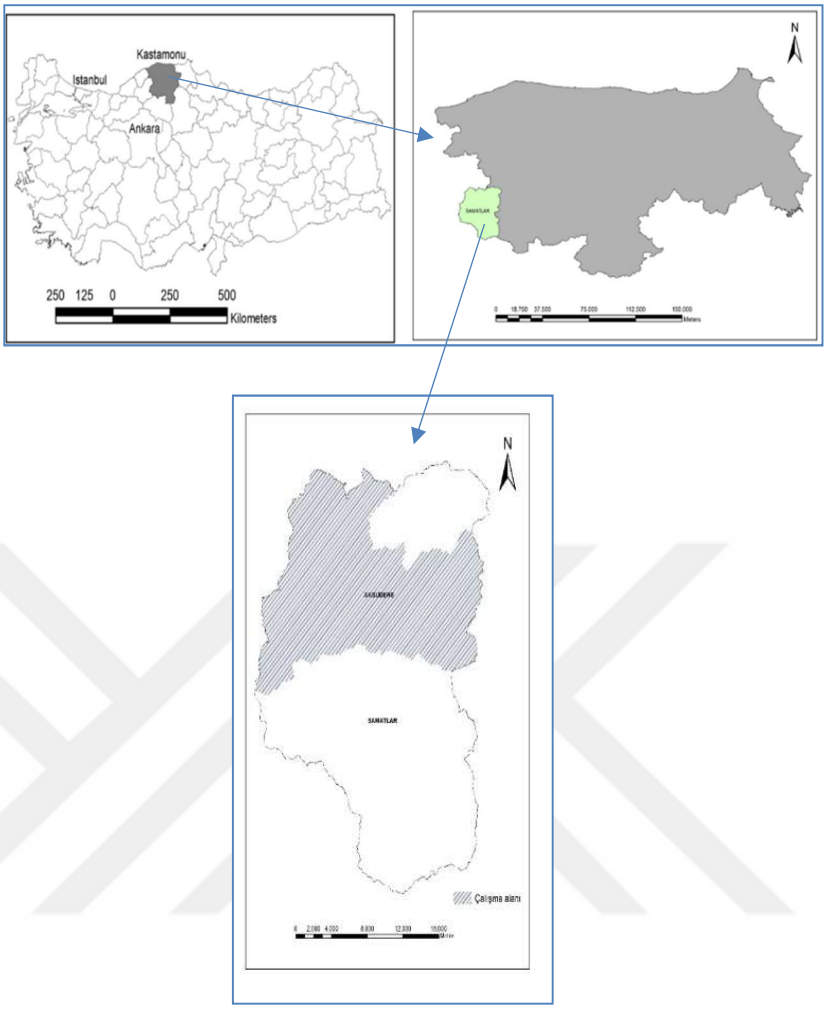
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada bölmeden çıkarma çalışmalarının, toprak özellikleri üzerindeki değişiklikler konu edilerek çevresel etkisi irdelenmiş ve toprak deformasyonu bakımından sahaya özel en uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanlarının seçimi çalışma planına uygun olarak, belirtilen eğim grupları ve meşcere çağı sınıfları dikkate alarak belirlenmiştir. Arazi çalışmaları 2017-2018 yılları üretime konu ibreli meşcerelerde gerçekleştirilmiştir. Sürütülen tomrukların boy ve çapları uygulamada kullanılan üretim standardizasyonuna uygun olacak şekilde 5-7 m boy ve 16-50 cm çap arasında değişmektedir. Sürütme çalışmaları yamaç yukarı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanlarındaki toprakların genel olarak aynı morfolojik özelliklere sahip olmasına dikkat edilmiştir. Arazi çalışmaları yaz üretim mevsiminde gerçekleştirilmiştir.

2.1 Materyal

2.1.1 Araştırma Alanın Tanıtımı

Çalışma Kastamonu Bölge Müdürlüğü, Samatlar Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Aksudere İşletme Şefliği'nde 2017-2018 yıllarında üretime tabi olan 27, 64, 72, 112, 130 nolu bölmelerindeki ibreli meşcerelerde yapılmıştır. Samatlar İşletme Müdürlüğü içerisinde Karaçam (*Pinus nigra*) türünde orman ağaçlarının oluşturduğu saf ve karışık meşcereler yoğun olarak bulunmaktadır. Ayrıca yer yer Göknar, Sarıçam, Meşe türünde ağaçlardan oluşan meşcere tipleri de İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı için seçilen Aksudere İşletme Şefliği, Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Kastamonu İli, İğdir ilçe sınırları içerisinde kalmaktadır. Orman idaresi bakımından ise Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Samatlar Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Samatlar Orman İşletme Müdürlüğü, Aksudere İşletme Şefliği'nin konumu

Aksudere Orman işletme Şefliği 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalara göre; 41° 09' 20" – 41° 22' 25" kuzey enlemleri, 32° 55' 10" – 33° 14' 30" doğu boylamları arasındadır. Aksudere Orman işletme Şefliği F30a3, F30a4, F30d1, F30d2, F29b3, F29c2 paftaları içinde yer almaktadır.

Aksudere bölgesi ormanları Karadeniz bölgesinin "Batı Karadeniz" iklim tipi kuşağında yer almakta olup jeomorfolojik yönden akarsuların yarması sonucu oluşmuş 600/800-2000 m arasında kalan Kastamonu platosunun batı ucundaki bir bölümü ile Araç havzasını kapsamaktadır. Çok kırık olmayan ve dalgalı bir görünüm gösteren bu yapının oluşumu, Paleozoyiğin (I. zaman) metamorfik şistler ve kireçtaşı ana kayaları (Araç çayının kuzeyi) ile Neozoiğin (III. zaman) eosen katmanlarını oluşturan

kalkerleri ve filişleri (Araç çayının güneyi) içermektedir. Bu oluşumun bir sonucu olarak da üzerinde bugünkü orman topluluklarının yayılış gösterdiği "Kireçli Kahverengi Orman Toprağı" meydana gelmiştir. Karaçam ve meşelerin, yer yer de kızılçam meşçerelerini barındıran topraklar, 1000 m yükseltiden sonra ve kuzeye bakan yamaçlarda yağışın da etkisi ile I. ve II. bonitette yetişme ortamları oluşturarak kaliteli sarıçam ormanlarının yetişmesine olanak sağlamaktadır (Anonim, 2013).

Aksudere Orman İşletme Şefliği'nin alanı, 27295,4 ha olup bunun, 21097,4 ha'ı ormanlık alandan oluşmaktadır. Ormanlık alanın 11768,3 ha'ı verimli, 9329,1 ha'ı ise bozuk koru vasfındadır.

Aksudere Orman İşletme Şefliği'nin asli ağaç türlerini Karaçam, Kızılçam, Sarıçam, Kayın, Göknar ve yer yer Meşe, Ardıç ve Gürgen oluşturmaktadır (Anonim, 2013). Şeflikte toplam 203+450 km yol bulunmakta olup 144+400 km'si orman yolu. 159+050 km'si karayoludur.

2.1.2 Araştırmada Kullanılan Makine ve Ekipmanlar

Çalışma alanlarında traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve taşınabilir el vinci ile kablo çekimi (sürütme konisi kullanılarak) olmak üzere üç farklı bölmeden çıkarma tekniği kullanılmıştır. Çalışmada bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında "Erkunt" marka tarım traktörü kullanılmış olup (Fotoğraf 2.1) teknik özellikleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir;

Tablo 2.1 Erkunt marka traktörün teknik özellikleri

Teknik Özellikler	
Model	Servet
Seri	Lüks
Çekiş	4 WD (Dört Çeker)
Kabin Tipi	Platformlu
Beygir Gücü	82 Hp @ 2200 dev/dak
Arazi Tipi	Tarla Tipi
Vites Sayısı	16 İleri / 16 Geri - Mekanik
Silindir Hacmi / Sayısı	4.4 Litre / 4
Motor Tipi	Perkins 1104 D - 44T
Maksimum Tork	345 Nm @ 1400 dev/dak
Kaldırma Kapasitesi	3900 Kg



Fotoğraf 2.1 Bölmeden çıkarmada kullanılan Erkunt marka traktör

Çalışmada el vinci ile kablo çekimi uygulamasında "Portable Capstan Winch Forestry Kit" marka el vinci kullanılmış olup teknik özellikleri şöyledir;

- Tek bir hatta 250 kg yük çekme kapasitesine sahip (500 kg'a kadar yükseltilebilir blok sistemli)
- Takılan yükü maksimum çekme kuvveti 500 kg,
- Tambur hızı: 57 mm tambur 5,8 m/dk
  85 mm tambur 8,8 m/dk olan,
- Benzinli motora sahiptir.





Fotoğraf 2.2 Çalışmada kullanılan taşınabilir el vinci ve sürütme konisi

El vinci ile beraber sürütme konisi, sentetik halat ve sürütme kancası kullanılmıştır (Fotoğraf 2.2). Arazi çalışmalarında, sürütme şeritlerinde ve sürütme etkisinin olmadığı kontrol noktalarında meydana gelen toprak sıkışıklığını ölçmek için el penetrometresi (RUPAC marka toprak sıkışıklığı ölçer cihazı) (Şekil 2.3), koordinat alımında Garmin marka GPS (Şekil 2.4), toprak örneklerin alınmasında çelik silindir (Şekil 2.5), tomrukların orta çapını ölçmede çap ölçer (kumpas) (Şekil 2.6), mesafe ve ağaç boylarının ölçümlerinde 30 metrelik çelik şerit metre, arazi eğimi ölçümünde klizimetre kullanılmıştır.



Fotoğraf 2.3 Rupac marka penetrometre



Fotoğraf 2.4 Garmin marka GPS



Fotoğraf 2.5 Toprak örneklerinin alınmasında kullanılan çelik silindir



Fotoğraf 2.6 Çap ölçer

2.1.3 Arazide Kullanılan Etüt Formları

Arazi çalışmaları esnasında her bir çalışma alanı için meşcere özellikleri (çağ, arazi eğimi), sürütülen tomruk çap-boy ölçümleri, kullanılan bölmeden çıkarma yöntemi, toprak derinlik kademesi, sefer sayısı, çalışma alanının konumsal değerlerine ait bilgilerin yer aldığı traktör ile askıda sürütme yöntemi etüt formu (Ek 1), traktör ile kablo çekimi yöntemi etüt formu (Ek 2), el vinci ile sürütme yöntemi etüt formu (Ek 3) ve kontrol alanı etüt formu (Ek 4) geliştirilmiştir.

2.1.4 Araştırmada Kullanılan Yazılımlar ve Donanımlar

Arazi çalışmalarından elde edilen toprakların verilerinin istatistiksel analizleri "SPSS 20.0" yazılımı ile yapılmıştır. Ayrıca çalışmada çok değişkenli istatistik yöntemi için "PAST" programı kullanılmıştır. Çalışma alanına ait haritaların üretilmesinde "ArcGIS 10.5" yazılımından yararlanılmıştır. En ideal bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesi amacı ile uygulanan ÇKKV yöntemi için Microsoft Excel yazılımı kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

Öncelikle Samatlar Orman işletme Müdürlüğü'ne bağlı Aksudere Orman İşletme Şefliği'nde meşcere çağı "b-bc" ve "c-cd", arazi eğimi %0-20, %20-33 ve %33< arasında olan üretim alanlarının tespiti yapılmıştır. Böylelikle traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme yöntemleri ile bölmeden çıkarma çalışmaları, belirlenmiş olan 6 farklı arazi tipinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 2.2). Çalışmanın analiz sonuçlarının herhangi bir tutarsızlığa sebebiyet vermemesi için çalışma özellikle yağışsız günlerde ve toprağın kuru olduğu 2018 yılı Temmuz-Eylül ayları arasında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.2 Bölmeden çıkarma yöntemine göre çalışma alanlarının planlanması

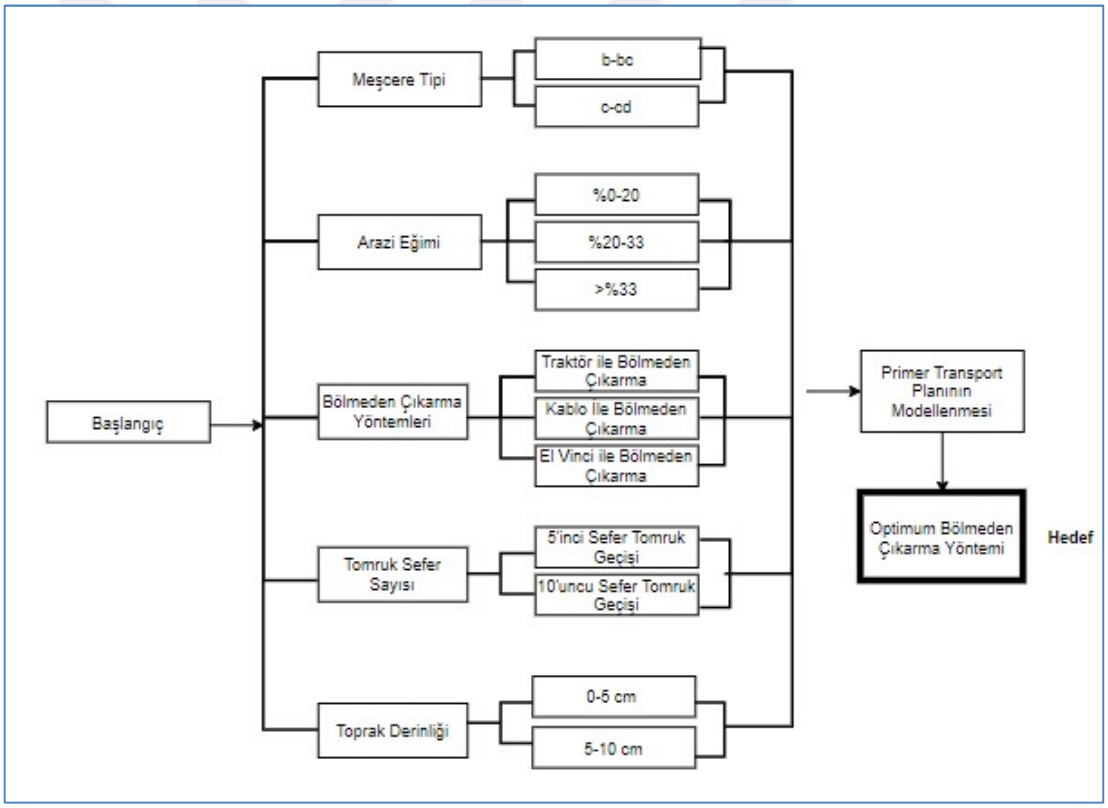
Bölmeden Çıkarma Yöntemi	**Çağ Sınıfı**	**Eğim Grubu (%)**	**Sefer Sayısı**
Traktör ile askıda sürütme	b-bc /c-cd	0-20 / 20-33	5./10.
Traktör ile kablo çekimi	b-bc /c-cd	20-33 / >33	5./10.
El Vinci ile kablo çekimi	b-bc/c-cd	0-20 / 20-33 / >33	5./10.
Kontrol	b-bc /c-cd	0-20 / 20-33 / >33	

Tablo 2.2'de verildiği üzere üretime konu olacak ibreli türde meşcerelerin çağ sınıfları her bir bölmeden çıkarma yöntemi için "b-bc" ile "c-cd" şeklinde iki grup şeklindedir. Traktör ile askıda sürütme yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma faaliyetleri %33 arazi eğimine kadar yapılabilmektedir. Bu sebeple traktörle askıda sürütme yöntemi ile bölmeden çıkarma için eğim grubu %0-20 ile %20-33 şeklinde iki gruptur. Traktörle kablo çekimi yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma faaliyetleri %20'nin üzerindeki arazi eğimlerinde kullanılmaktadır. Bundan dolayı traktörle kablo çekimi yöntemi ile bölmeden çıkarma için eğim grubu %20-33 ile %33< şeklinde iki gruptur. El vinciyle kablo çekimi yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma faaliyetleri her türlü arazi eğiminde yapılabildiğinden dolayı bu yöntem için eğim grubu %0-20, %20-33 ve %33> şeklinde üç gruptur. Sürütme çalışmaları bütün yöntemler için yamaç yukarı olacak şekilde planlanmıştır.

Belirtilen eğim ve çağ sınıfına giren örnek alanlarda tüm bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulanmasıyla oluşan sürütme şeritlerinin uzunlukları şerit metre ile ölçülmüştür. Sürütmenin yapıldığı güzergâhların başından ve sonundan UTM koordinatlarıda alınmış, sürütme şeridinin eğimi klizetmetre ile ölçülmüştür. 6 arazi çeşidinde uygulanan 3 bölmeden çıkarma yöntemi ile sürütme yapılacak güzergâhlar ve kontrol güzergâhları (yaklaşık 50 m) birbirine paralel ve aralarında en az bir ağaç boyu mesafe bırakılarak sürütme yapılmıştır. Sürütülen tomrukların boy ve çapları metre ve çap ölçer yardımı ile ölçülerek arazi karnesine kaydedilmiştir. 6 alanın kontrol noktalarından ve sürütme güzergâhı üzerindeki noktalardan toprak örnekleri alınarak laboratuvarda analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilere Tek Yönlü Varyans

Analizi (One-Way Anova) ve Duncan testi yapılarak bölmeden çıkarma çalışmalarının eğim, meşcere çağı, toprak derinlik kademesi ve sefer sayılarının üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Ayrıca çalışmada bölmeden çıkarma çalışmalarının 6 farklı alan için toprakta meydana getirdiği değişimi minimize eden yöntemleri değerlendirmek amacıyla üst toprak (0-5 cm toprak derinlik kademesi) ve alt toprak (5-10 cm toprak derinlik kademesi) değerleri için çok değişkenli istatistik yöntemlerden PCA kullanılmıştır. Sonrasında entropi yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemine göre farklı meşcere durumları için en ideal bölmeden çıkarma yöntemleri sıralanmıştır. Çalışmada uygulanan iş akış şeması Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Optimal bölmeden çıkarma yönteminin geliştirilmesi için ilgili adımları gösteren akış şeması

2.2.1 Çalışma Alanlarında Yapılan Bölmeden Çıkarma Yöntemleri

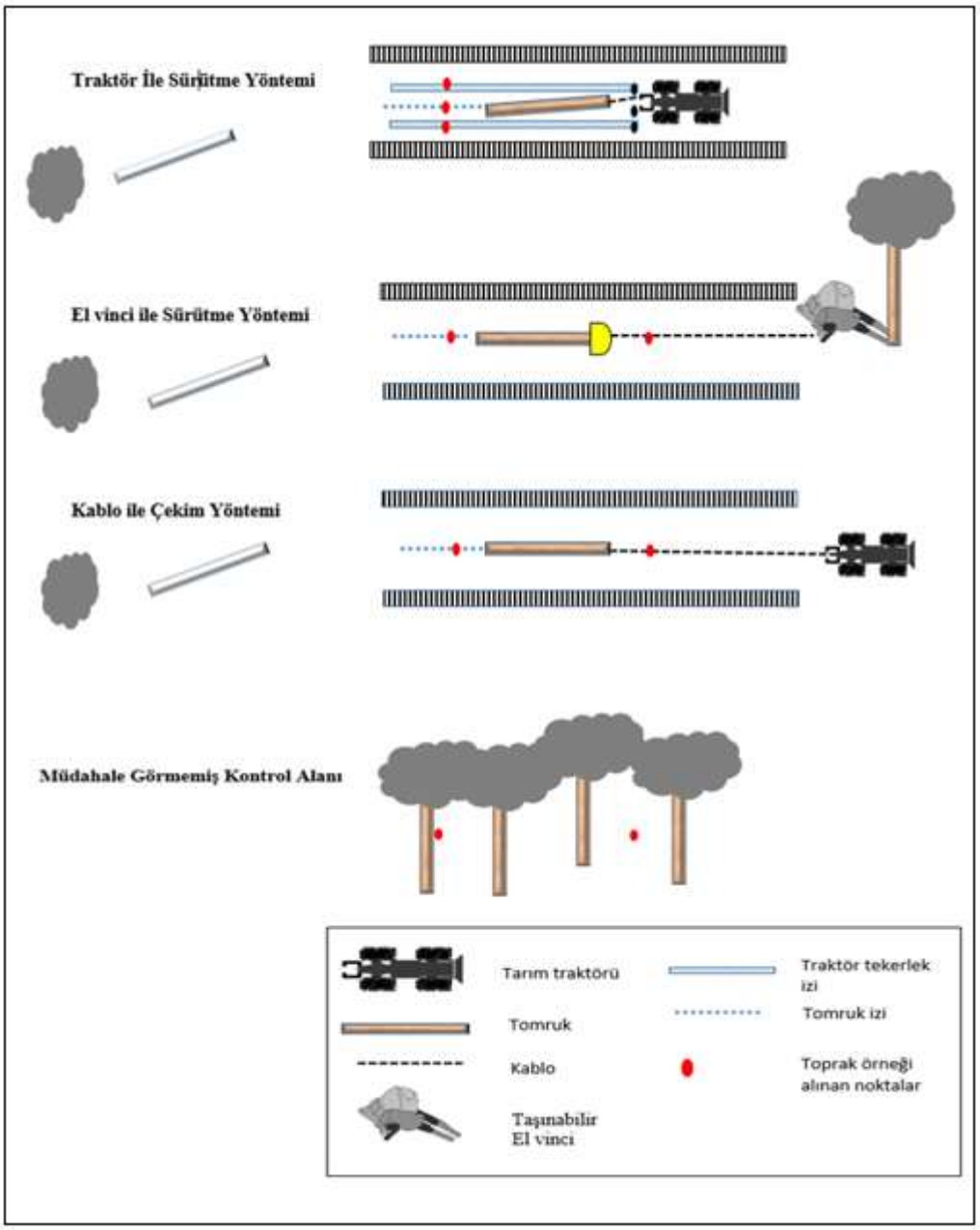
Çalışmada traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme olmak üzere 3 bölmeden çıkarma yöntemi kullanılmıştır.

(1) Traktör ile askıda bölmeden çıkarma yönteminde traktör bölme içine girerek tomruk tambura bağlanmıştır. Tomruk sürütmenin başladığı yerden yamaç yukarı yaklaşık 50 m kadar tomruğun uç kısmı askıda bırakılarak sürütülmüştür.

(2) El vinci ile sürütme yönteminde taşınabilir el vincine sürütme konisi kombine edilmesi ile tomruklar kablo ile sürütülmüştür. El vinci, sürütmenin biteceği yere yakın bir ağaca sentetik halat ile bağlanarak tomruklar halat yardımı ile sürütmenin başladığı noktadan sürütmenin bittiği yere kadar tomruğun tamamı zemin üzerine temas ettirilerek sürütülmüştür.

(3) Traktöre bağlı kablo ile çekim yönteminde, traktörün bölme dışında bırakılarak tomruğun tamamını zemine temas ettirerek kablo yardımıyla sürütme konisi olmadan yamaç yukarı sürütülmesi esasına dayanmaktadır.

Bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulanma şekli ve toprak örneklemesi Şekil 2.3'te resmedilmiştir.



Şekil 2.3 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulama şekli ve toprak örnek noktaları

2.2.2 Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin Uygulanması ve Ölçümler

Bölmeden çıkarma çalışmaları meşcere çağı ve eğim grubu olarak birbirinden farklı alanlar için planlanmış ve sonuçta toplamda 6 farklı alan kombinasyonu ortaya çıkmıştır. Her alan için belirlenen farklı bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulaması aşamasında sürütme güzergâhları arasındaki belirgin eğim farklılıkları yaşanmaması ve toprak özelliklerinin farklılaşmaması açısından sürütme güzargahlarının birbirine paralel alınmasına önem gösterilmiştir. Ayrıca, her çalışma alanı için sürütmesi yapılan ağaçların boy ve çapları ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında ilk olarak üretim öncesi çalışma alanlarındaki toprak yapısının bölmeden çıkarma faaliyetlerinden etkilenmeden önceki durumunu ortaya koymak amacıyla toprak örnekleri alınmıştır. Belirlenen 6 farklı arazi özelliğine sahip alanlara gidilerek her örnek alanın 2 farklı yerinden ve 2 ayrı derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm) çelik silindirler ile toprak örnekleri alınmış ve ayrıca penetrometre ile sıkışma ölçümleri yapılmıştır.

Üretim faaliyetlerinin başlaması ile çalışmada kullanılacak kontrol noktalarına yakın ve daha önce sürütmenin yapılmadığı 3 sürütme güzergâhı belirlenmiştir. Bu sürütme güzergâhlarında traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve taşınabilir el vinci ile kablo çekimi yöntemleri kullanılarak tomruğun zemine temas ettiği ve ayrıca traktör ile askıda sürütme yönteminde teker izlerinin bulunduğu alanlarda sefer sayılarını (5'inci tomruk sonrası-10'uncu tomruk sonrası) dikkate alarak ölçüm-alımlar yapılmıştır. Her 3 yöntem için öncelikle 5'inci tomruk geçişi sonrası 2 farklı noktadan ve 2 farklı derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm) toprak örnekleri alınmış, penetrometre ölçümleri yapılmıştır. Aynı işlemler sürütme güzergâhlarında 10'uncu tomruk geçişi sonrasında da tekrarlanmıştır.

Toprak özelliklerinde (tekstür (kum-kil-toz), hacim ağırlığı, toprak nemi, elektrik iletkenliği, pH, organik madde, organik karbon, toplam azot) meydana gelen değişimler örneklerin laboratuvar analizleri sonucunda belirlenmiştir. Böylelikle yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında çağ sınıfları, eğim grupları ve sefer sayıları (çıkarılacak ürün adedi) dikkate alınarak belirlenen toprak özelliklerindeki toprak

derinliklerine göre değişimlerin tespiti yapılmıştır. Değişimlere bağlı olarak hangi bölmeden çıkarma yönteminin hangi alanlarda kullanımının toprak deformasyonu açısından avantajlı olduğu durumlar belirlenmiştir.

2.2.2.1 Traktör ile askıda sürütmeyle bölmeden çıkarma çalışmaları

Bu yöntem her iki meşcere çağında ("b-bc", "c-cd") ve arazi eğiminin %0-20 ve %20-33 olduğu alanlarda değerlendirilmiştir. Tomruklar traktör yardımı ile sürütme güzergâhının başlangıç noktasına getirilmiş, tarım traktörünün zincirine bağlanarak sürütme güzergâhı üzerinde yaklaşık 50 m bir ucu askıda sürütülerek rampaya bırakılmıştır. Traktör diğer tomruk geçişleri için tekrar sürütmenin başladığı yere giderek diğer 4 tomruk için aynı işlemleri tekrarlamıştır. Her geçişte tekerleklerin ve tomrukların aynı iz üzerinden gitmesine dikkat edilmiştir. 5'inci tomruk geçişi sonrası sürütme güzergâhı üzerinde hem tekerlek izi hem de tomruk izinin 2 farklı noktasından (yamaç altı - yamaç yukarısı) iki faklı derinlik (0-5 cm-5-10 cm) kademesinden toprak örnekleri alınarak penetrometre ölçümleri yapılmıştır. 10'uncu sefer tomruk geçişi sonrasına kadar aynı sürütme işlemleri, ölçüm işlemleri ve toprak örneklerinin alımları gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 2.7).



Fotoğraf 2.7 Traktör ile askıda sürütme yöntemiyle bölmeden çıkarma çalışmaları (sol) ve sürütme izine ait görüntüler (sağ)

2.2.2.2 Traktör ile kablo çekimi yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışmaları

Bu yöntem her iki meşcere çağında (b-bc, c-cd) arazi eğiminin %-20-33 ve %33< arasında olduğu alanlarda uygulanmıştır. Tarım traktörüyle kablo çekimi yöntemi çalışmalarında ilk olarak sürütülecek tomruklar boylanarak traktör yardımı ile sürütme güzergâhının alt yamacına getirilmiştir. Daha sonra traktör güzergâhın yamaç yukarı kısmına çıkartılarak burada sabit olarak bırakılmıştır. Traktörün arkasına monteli tamburdan kablo çekilerek yamacın altında bulunan tomruğa çoker yardımı ile bağlanmıştır. Tomruk sürütme güzergâhından sürütülerek yamacın üst kısmında bulunan traktörün yanına (rampa) kadar yaklaşık 50 m sürütme mesafesiyle sürütülmüştür. Bütün bu işlemler ilk tomruğun geçtiği sürütme izinden geçilmesine dikkat edilerek toplam 5 tomruk geçişi için de uygulanmıştır. 5'inci sefer tomruk geçişi sonrasında sürütme güzergâhı üzerinde tomruğun sürütme izinin 2 noktasından (yamaç altı - yamaç yukarısı) ve iki faklı derinlik kademesinden (0-5 cm- 5-10 cm) olmak üzere toprak örnekleri alınmış penetrometre ölçümleri yapılmıştır. Aynı sürütme işlemlerine 10'uncu tomruk geçişine kadar devam edilerek sonrasında iki farklı noktadan 2 farklı derinlik kademesinden toprak örnekleri alınarak penetrometre ölçümleri yapılmıştır (Fotoğraf 2.8).



Fotoğraf 2.8 Traktör ile kablo çekimi yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışmalarına ait görüntüler

2.2.2.3 El vinci yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışmaları

Bu yöntem belirlenen her iki meşcere çağında ve her 3 arazi eğim grubunda da (%0-20, %20-33, %33<) uygulanmıştır. Traktör ile kablo çekimi yöntemi ile benzerlik göstermekte olup sürütme konisinin kullanılması durumunda toprak üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Taşınabilir el vinci sürütmenin bittiği yere yakın bir ağaca sentetik çoker ile sarılmıştır. El vincine bağlı olan zincir sürütme güzergâhının başladığı yere kadar çekilerek sürütme konisi geçirilen tomruğa sürütme kancası ile bağlanmıştır. El vinci çalıştırılarak tomruk yaklaşık 50 metre sürütme mesafesi çekilmiş ve rampaya ulaştırılmıştır (Fotoğraf 2.9).



Fotoğraf 2.9 El vinci yardımı ile bölmeden çıkarma çalışmalarına ait görüntüler

2.2.3 Bölmeden Çıkarma Faaliyetleri Sonrasında Toprak Örneklerinin Alınması

Üretim çalışması başlamadan, belirlenen çalışma alanlarının müdahale görmemiş kısımlarının 2 farklı noktasından, 2 farklı derinlik kademesinden toprak örnekleri alınmıştır. Böylece 3 bölmeden çıkarma yönteminin uygulanacağı alanlar için kontrol amaçlı; 6 farklı çalışma alanından (çağ sınıfı (b-bc / c-cd), eğim grubu (%0-20 / %20-33 / %33<), 2 farklı noktadan ve 2 farklı derinlik (0-5, 5-10 cm) kademesinden toplamda 6x2x2=24 adet toprak örneği alınmıştır.

Üretim faaliyetlerinin başlamasıyla sürütme güzergâhı üzerinde tarım traktörleri ile askıda sürütme yöntemi için tomruğun sürütülerek geçtiği alanlardan;

- b-bc çağ grubundan %0-20 eğim sınıfında
- b-bc çağ grubundan %20-33 eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %0-20 eğim sınıfında ve
- c-cd çağ grubundan %20-33 eğim sınıfındaki çalışma alanlarının her birinden 2 farklı noktadan, 2 farklı derinlik kademesinden (0-5 cm ve 5-10 cm) ve 2 kere (5'inci tomruk geçişinden sonra, 10'uncu tomruk geçişinden sonra) toplamda 4x2x2x2=32 adet toprak örneği alınmıştır.

Üretim faaliyetlerinin başlamasıyla sürütme güzergâhı üzerinde tarım traktörleri ile askıda sürütme yöntemi için traktörün tekerlek iz alanından;

- b-bc çağ grubundan%0-20 eğim sınıfında
- b-bc çağ grubundan %20-33 eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %0-20 eğim sınıfında ve
- c-cd çağ grubundan %20-33 eğim sınıfındaki çalışma alanlarının her birinden 2 farklı noktadan, 2 farklı derinlik kademesinden (0-5 cm ve 5-10 cm) ve 2 kere (5'inci tomruk geçişinden sonra, 10'uncu geçişinden sonra) toplamda 4x2x2x2=32 adet toprak örneği alınmıştır (Foroğraf 2.10).



Fotoğraf 2.10 Traktör ile sürütme yöntemi sonrasında toprak örneği alınan noktalar

Tarım traktörü kullanılarak kablo çekimi ile sürütme yapılması sonucu tomruğun sürütülerek geçtiği alanlardan;

- b-bc çağ grubundan%20-33 eğim sınıfında
- b-bc çağ grubundan %33< eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %20-33 eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %33< eğim sınıfındaki çalışma alanlarının her birinden 2 farklı noktadan, 2 farklı derinlik kademesinden (0-5 cm ve 5-10 cm) ve 2 kere (5'inci tomruk geçişinden sonra, 10'uncu tomruk geçişinden sonra) toplamda 4x2x2x2=32 adet toprak örnekleri alınmıştır.

Taşınabilir el vinci kullanılarak kablo çekimi ile sürütme yapılması sonucu tomruğun sürütülerek geçtiği alanlardan;

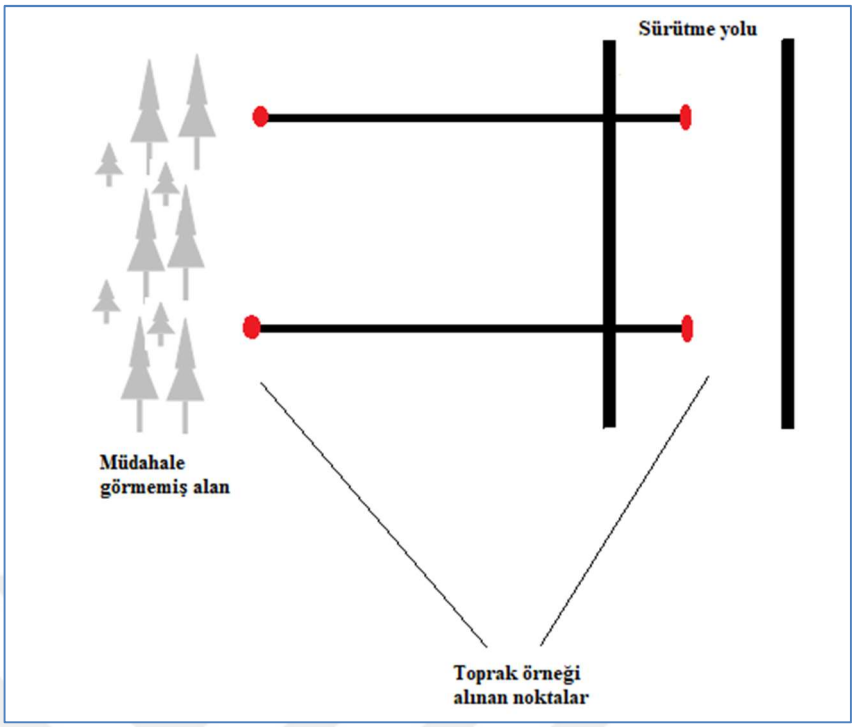
- b-bc çağ grubundan %0-20 eğim sınıfında
- b-bc çağ grubundan %20-33 eğim sınıfında
- b-bc çağ grubundan %33< eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %0-20 eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %20-33 eğim sınıfında
- c-cd çağ grubundan %33< eğim sınıfındaki çalışma alanlarının her birinden 2 farklı noktadan, 2 farklı derinlik kademesinden (0-5 cm ve 5-10 cm) ve 2 kere (5'inci tomruk geçişinden sonra, 10'uncu tomruk geçişinden sonra) toplamda 6x2x2x2=48 adet toprak örneği alınmıştır.

Böylece toplamda;

- 24 adet kontrol noktasından,
- 32 adet traktör ile askıda sürütmede tomruk iz alanından, 32 adet traktör ile askıda sürütmede traktör tekerlek iz alanından,
- 32 adet traktör ile kablo çekimi yapılan yerden
- 48 adet el vinci ile kablo çekimi yapılan yerden olmak üzere toplamda

24+32+32+32+48=168 adet toprak örneği alınmıştır.

Şekil 2.4'te bölmeden çıkarma faaliyeti yapılmamış bir alandaki ve bölmeden çıkarma çalışmalarının yapıldığı sürütme güzergâhındaki örnek noktalar, temsili olarak resmedilmiştir.



Şekil 2.4 Bölmeden çıkarma faaliyeti yapılmamış alandaki ve sürütme güzergâhındaki temsili örnek noktalar



Fotoğraf 2.11 Çelik silindir ile toprak örneklerinin alınması

2.2.4 Laboratuvar Çalışmaları

2.2.4.1 Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Bütün çalışma alanları için iki farklı toprak derinlik kademesinden (0-5, 5-10 cm), farklı tomruk geçişleri sonrası (5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişi) toplam 168 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri karton kağıtlar üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar kurulmuştur. Kuruyan toprak örnekleri 2 mm'lik eleklerden geçirilip her biri numaralandırılarak polietilen torbalara konulmuştur (Foroğraf 2.12). Böylece bütün toprak örnekleri analize hazır hale getirilmiştir. Hacim ağırlığını ve toprak nemini belirlemek için çelik silindir ile araziden ayrıca alınan toprak örneklerinin laboratuvara getirdikten hemen sonra yaş ağırlığı tespit edilmiştir. Daha sonra bu örnekler fırın kurusu haline getirilerek kuru ağırlığı belirlenmiştir.



Fotoğraf 2.12 Analize hazır hale getirilen toprak örnekleri

2.2.4.2 Toprak örneklerinin tekstür analizi (Toprakların kum, toz ve kil yüzdelerinin belirlenmesi)

Toprak örneklerinin tane boyutları (kum, toz ve kil) yüzde değerleri "Bouyoucos Hidrometre Metodu" kullanılarak analiz edilmiştir. Toprak türü Uluslararası Tane Boyutu Sınıflandırmasında kullanılan tekstür üçgenine göre yapılmıştır (Bouyoucos 1962; Anderson ve Ingram, 1993).

Araziden alınan toprak örnekleri belirli bir süre bekletilip hava kurusu hale geldikten sonra elenerek hassas terazi ile 100'er gram olacak şekilde ölçülüp 400 ml'lik beherlere konulmuştur. Üzerine %5' lik 10 ml Na-Hegzametafosfat (kalgon) ilave edilmiş ve bu karışım 200 ml olana kadar saf su ilave edilerek karıştırılmıştır. Kil tanecikleri arasında bağlayıcı görev yapan Ca ve Na'nın yer değiştirmesini sağlamak için karışım bir gün bekletilmiştir. İkinci gün beherdeki solüsyon, çırpıcı kabından dışarı taşmasını engellemek için en az miktarda su kullanılarak çırpıcı kabına boşaltılmıştır. Çırpıcı kabına alınan karışım 5 dakika süre ile karıştırılarak ve elde edilen karışım yine saf su kullanılarak tekstür kabına boşaltılmıştır. Karışıma 1000 ml'ye gelene kadar saf su ilave edilmiş ve köpük oluşturmayacak şekilde bir karıştırıcı yardımı ile 1 dakika süre ile karıştırılmıştır. İlk okuma için 4 dakika 48 saniye sonra hidrometre aleti karışıma yavaş bir şekilde bırakılmıştır. Denge haline gelmesi için beklenilmiş ve tam dengede olduğu zamanda ilk okuma yapılmıştır. Daha sonra termometre ile sıcaklığı ölçülmüştür. İki saat bekledikten sonra ikinci okuma yapılmıştır (Özyuvacı, 1971).

Toprak bünyesini belirlemek için Formül 3.1, Formül 3.2, Formül 3.3 kullanılır;

% Kil + Toz = 1. okuma / toplam ağırlık x 100 (2.1)

% Kil = 2. okuma / toplam ağırlık x 100

% Toz = (% kil + toz) – (% kil) (2.2)

% Kum = 100 – (%kil + toz) (2.3)




Fotoğraf 2.13 Toprak örneklerinin tekstür analizine ait laboratuvar görüntüleri

2.2.4.3 Organik madde

Organik madde miktarını ölçmek için 2 mm'lik elekten geçirilmiş 10'ar gram toprak örnekleri kullanılmıştır. Toprak örnekleri 105 °C de 24 saat kurutularak mutlak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu toprak örnekleri darası alınmış krozeler ile yakma fırınında 700-800 °C'ye kadar 8 saat yakılarak içerisindeki organik maddeler ile kolloidlere ve kil minerallerine bağlı su bertaraf edilmiştir. Yakma işlemi sonunda örnekler tekrar tartılarak yakmadan önceki ve sonraki iki ağırlık arasındaki farktan ağırlık yüzdesi olarak ateşte kayıp miktarı belirlenmiştir (Formül 2.4) (Gülçur, 1974).

$$\%OM = \frac{NK(105°\text{C FKA} - 8 \quad °\text{C FKA})}{105°\text{C FKA}} \tag{2.4}$$

OM:Organik madde

NK:Nem kaybı

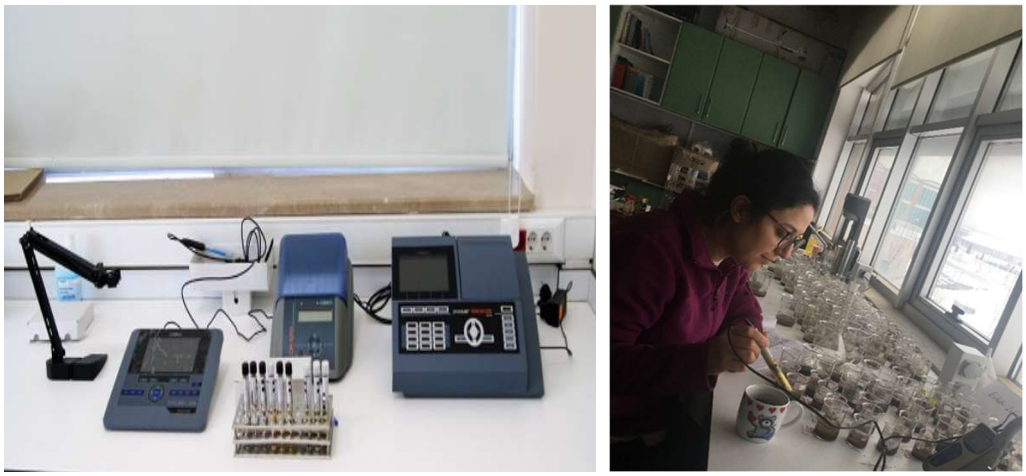
FKA: Fırın kurusu ağırlık



Fotoğraf 2.14 Organik madde tayinine ait görüntüler

2.2.4.4 Toprak örneklerinde ph tayini ve elektriksel iletkenlik (EC)

pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 1:2,5 oranındaki toprak–saf su süspansiyonu hazırlanarak dijital WTW marka spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür. EC değerler µs/cm olarak ifade edilmiştir (Irmak, 1954; Özyuvacı, 1971; Gülçur, 1974).



Fotoğraf 2.15 pH tayini ve elektriksel iletkenlik

2.2.4.5 Toprak örneklerinin hacim ağırlığı tayini

Hacim ağırlığını belirlemek için araziden çelik silindirler yardımıyla ayrıca toprak örnekleri alınmıştır. Bu aşamada toprağın strüktürünün bozulmamasına ve toprağın sıkıştırılmamasına dikkat edilmiştir. Önce silindir toprağın 0-5 cm lik kısmına çakılarak daha sonra hemen altından 5-10 cm'lik kısmına çakılarak toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvara gelir gelmez hacim ağırlığı için alınan toprak örnekleri folyo kaplara konularak hassas tartı ile yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra 105°C'de 24 saat etüvde kurutularak kuru ağırlıkları tespit edilmiştir (Brown ve Lugo, 1990). Toprağın fırın kurusu ağırlığının silindirin hacmine bölünmesi ile hacim ağırlığı değerleri hesaplanmıştır (Formül 2.5) (Özyuvacı, 1976; Blake ve Hartge, 1986).

$$HA(gr/cm^3) = \frac{KA(gr)}{SH(cm^3)} \qquad (2.5)$$

HA: Hacim ağırlığı

KA: Kuru ağırlık

SH: Silindirin hacmi



Fotoğraf 2.16 Hacim ağırlıklarının belirlenmesi

2.2.4.6 Toprak nemi tayini

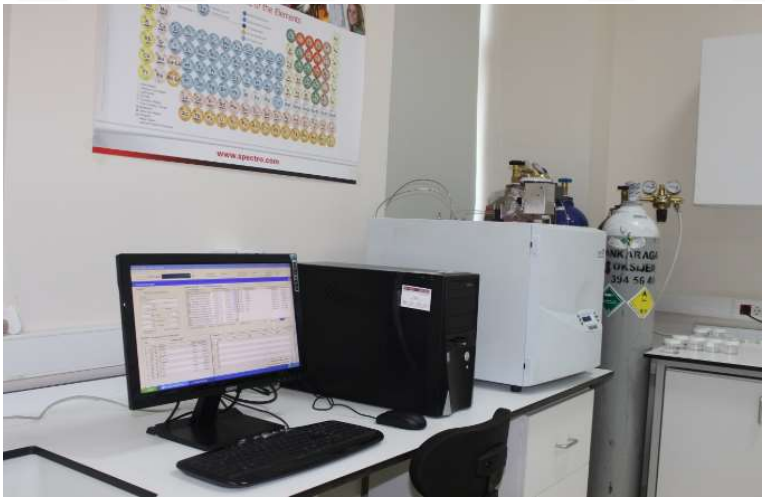
Toprak örneklerinin nem içeriği 105 °C'de 24 saat süreyle kurutularak gravimetrik olarak belirlenmiştir (Karaöz 1992). Toprak örneklerindeki % nem içeriğinin belirlenmesinde Formül 2.6 kullanılmıştır (Gülçur 1974).

$$\%\,Nem = \frac{KA - FKA}{FKA} \times 100 \tag{2.6}$$

KA = Kuru ağırlık (gr)
FKA = Fırın kurusu ağırlık (gr)

2.2.4.7 Toprak örneklerinin organik karbon ve toplam azot tayini

Örnek alanlardan alınan 168 adet toprak örneğindeki organik karbon ve toplam azot içerikleri Eurovector EA3000-Single CNH-S element analizörünü kullanarak Kastamonu Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında üç tekerrürlü olarak analiz edilmiştir (Sarıyıldız vd. 2017; Li vd. 2020).



Fotoğraf 2.17 Çalışmada kullanılan elementel analiz cihazı

2.2.4.8 Toprak sıkışması

Toprak sıkışması 30 derecelik el tipi penetrometre ile arazi ortamında ölçülmüştür. Ölçümler bölmeden çıkarma faaliyetleri öncesi ve sonrası olmak üzere her yöntem için ayrı ayrı yapılarak 5'inci tomruk ve 10'uncu tomruk geçişinde ve iki farklı toprak

derinlik kademesinde (0-5 ve 5-10 cm) uygulanmıştır. Cihaz değerleri megapaskal (MPa) ölçüm birimine dönüştürülmüştür.



Fotoğraf 2.18 Penetrometre cihazı ile toprak sıkışmasının belirlenmesi

2.2.5 Kullanılan İstatistik Yöntemler

Bölmeden çıkarma faaliyetlerinin toprakta meydana getireceği zararları etkileyen birçok değişken mevcuttur. Toprak zararı üzerinde etkili olan değişkenleri belirlemek için istatistik yöntemlerden faydalanılmıştır. İstatistiki analizler SPSS 20 ve PAST programı ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan istatistiki değerlendirmeler;

- Verilerin normal dağılıp dağılmamasının kontrol edilmesi
- Ortalama ve standart sapmaların hesaplanması
- Farklı arazi özelliklerine sahip alanlarda aynı bölmeden çıkarma yönteminin kullanılması ile toprak özellikleri üzerinde etkisinin farkının belirlenmesi amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way Anova) yapılmıştır. Traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme yöntemlerinin her biri kendi

içinde farklı arazi tiplerine (meşcere çağı ("b-bc"-"c-cd"), eğim grubu (%0-20, %20-33, %33<), toprak derinlik kademesi (0-5 cm-5-10 cm), sefer sayısına (5'inci sefer tomruk geçişi-10'uncu sefer tomruk geçişi)) göre değerlendirilmiştir.

- Aynı arazi özelliklerine sahip alanlarda değişik bölmeden çıkarma yöntemlerinin (traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile kablo çekimi yöntemleri) toprak özellikleri üzerinde olan etkisinin farkının ortaya konması amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way Anova) yapılmıştır.
- Varyans analizi sonuçlarına göre hangi grupların birbirinden farklı olduğunun araştırılması Post-Hoc Duncan Testi ile ortaya konmuştur.
- Toprak özelliklerinin kendi arasındaki ilişkileri ile meşcere çağı, eğim grupları, toprak derinlik kademesi ve sefer sayısı ile olan ilişkilerinin incelenmesi Pearson Korelasyon Testi ile gerçekleştirilmiştir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişmektedir. Katsayı 1'e yaklaştıkça iki değişken arasında ilişki kuvvetli, katsayı 0'a yaklaştıkça iki değişken arasında ilişki zayıf olarak değerlendirilmektedir. Değişkenler arasında ters orantı var ise katsayı negatif ve doğru orantı var ise katsayı pozitif olmaktadır.
- Bölmeden çıkarma yöntemlerinde belirlenmiş toprak özellikleri üzerinde en az değişime neden olan yöntemin belirlenmesi için ve ayrıca farklı arazi özelliğine sahip alanlarda hangi bölmeden çıkarma yönteminin en çok hangi toprak özelliğini etkilediğini tespit etmek için çok değişkenli istatistiksel yöntem olan PCA (Principal Component Analysis) yöntemi kullanılmıştır.

2.2.6 Entropi – TOPSIS Hibrit Metodu ile En İdeal Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde ÇKKV yöntemleri kullanarak farklı arazi tiplerine göre en ideal bölmeden çıkarma yönteminin karar verilmesi amacı ile gerçekleştirilen analizler yer almaktadır.

Çalışmada uygulanan farklı bölmeden çıkarma yöntemleri toprağa verilen zarar açısından değerlendirilmiş ve elde edilen toprak özelliklerinin değerlerine göre belirlenen alanlar için en ideal bölmeden çıkarma yöntemleri tespit edilmiştir. Toprak zararı açısından en ideal bölmeden çıkarma yönteminin seçiminde ÇKKV yöntemleri

olan entropi ve TOPSIS yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Öncelikle belirtilen kriterlerin önem dereceleri üst toprak ve alt toprak için ayrı ayrı entropi yöntemiyle belirlenmiş olup daha sonra TOPSIS yöntemiyle alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri sıralanarak performans yönünden değerlendirilmiştir.

2.2.6.1 Kriterlerin tanımlanması

One-Way Anova istatistiksel analizler sonucu elde edilen veriler doğrultusunda genellikle bölmeden çıkarma yöntemlerinin, farklı eğim gruplarında, meşcere çağında ve toprak derinlik kademesinde toprak özellikleri bakımından etkili olduğu belirlenmiştir. Uzman görüşü tarafından toprağın verimliliği için oldukça önemli olduğu düşünülen toprak özelliklerinden hacim ağırlığı, organik madde, organik karbon, toplam azot ve sıkışma üzerinde meydana gelen değişimler en ideal bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesi bakımından entropi ve TOPSIS çözüm sürecinde ana kriterler olarak değerlendirilmiştir.

2.2.6.2 Alternatiflerin belirlenmesi

Çalışmada traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme olmak üzere 3 bölmeden çıkarma yöntemi kullanılmıştır. Çözüm sürecinde farklı meşcere çağında, farklı eğim gruplarında ve farklı toprak derinliklerinde yapılan 3 bölmeden çıkarma çalışmalarının her biri ayrı bir bölmeden çıkarma yöntemi olarak değerlendirilerek traktör ile askıda sürütme çalışmasında 8, kablo ile çekim çalışmasında 8, el vinci ile sürütme çalışmasında ise 12 farklı uygulama gerçekleştirilmiştir. Sonuçta 6 faklı alanda yapılan bölmeden çıkarma yöntemlerine ait 28 uygulama verisi ÇKKV çözüm sürecinde alternatifler olarak belirlenmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Entropi ve TOPSIS yönteminin uygulamasında değerlendirilen alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri

Bölmeden çıkarma yöntemleri (Alternatifler)		**Meşcere çağı**	**Eğim grupları**	**Toprak derinlikleri**	**Alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri için kullanılan kodlar**
1	Traktör ile askıda sürütme	b-bc	%0-20	0-5 cm	T1
2	Traktör ile askıda sürütme	b-bc	%0-20	5-10 cm	T2
3	Traktör ile askıda sürütme	b-bc	%20-33	0-5 cm	T3
4	Traktör ile askıda sürütme	b-bc	%20-33	5-10 cm	T4
5	Traktör ile askıda sürütme	c-cd	%0-20	0-5 cm	T5
6	Traktör ile askıda sürütme	c-cd	%0-20	5-10 cm	T6
7	Traktör ile askıda sürütme	c-cd	%20-33	0-5 cm	T7
8	Traktör ile askıda sürütme	c-cd	%20-33	5-10 cm	T8
9	El vinci ile sürütme	b-bc	%0-20	0-5 cm	E1
10	El vinci ile sürütme	b-bc	%0-20	5-10 cm	E2
11	El vinci ile sürütme	b-bc	%20-33	0-5 cm	E3
12	El vinci ile sürütme	b-bc	%20-33	5-10 cm	E4
13	El vinci ile sürütme	b-bc	%33<	0-5 cm	E5
14	El vinci ile sürütme	b-bc	%33<	5-10 cm	E6
15	El vinci ile sürütme	c-cd	%0-20	0-5 cm	E7
16	El vinci ile sürütme	c-cd	%0-20	5-10 cm	E8
17	El vinci ile sürütme	c-cd	%20-33	0-5 cm	E9
18	El vinci ile sürütme	c-cd	%20-33	5-10 cm	E10
19	El vinci ile sürütme	c-cd	%33<	0-5 cm	E11
20	El vinci ile sürütme	c-cd	%33<	5-10 cm	E12
21	Kablo ile sürütme	b-bc	%20-33	0-5 cm	KA1

Tablo 2.3'ün devamı

22	Kablo ile sürütme	b-bc	%20-33	5-10 cm	KA2
23	Kablo ile sürütme	b-bc	%33<	0-5 cm	KA3
24	Kablo ile sürütme	b-bc	%33<	5-10 cm	KA4
25	Kablo ile sürütme	c-cd	%20-33	0-5 cm	KA5
26	Kablo ile sürütme	c-cd	%20-33	5-10 cm	KA6
27	Kablo ile sürütme	c-cd	%33<	0-5 cm	KA7
28	Kablo ile sürütme	c-cd	%33<	5-10 cm	KA8

2.2.6.3 Entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması

Shannon' un (1948) önerdiği entropi yöntemi daha sonra Wang ve Lee tarafından bir ağırlık hesaplama yöntemi ile geliştirilmiş olup çok kriterli karar verme yöntemleri içinde kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında ve bu ağırlıkların anlamlandırılmasında kullanılan objektif yöntemlerden birisidir. Yöntemin adımları aşağıda yer almaktadır (Shannon, 1948, Li vd., 2011; Öztel vd., 2012; Tunca vd., 2016):

Adım 1:Karar matrisinin (A) oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarda ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri yer almaktadır. "n" kriterli "m" alternatifli karar matrisi mxn tipinde bir matristir. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matris olup formülü aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 2: Karar matrisinin normalize edilmesi

Bir önceki adımda oluşturulan karar matrisinde birbirinden farklı indeks boyutlarının eşölçülmezlik üzerindeki etkilerinin yok etmek amacıyla indeksler çeşitli tekniklerle standardize edilmektedir. Normalleştirilmiş karar matrisinin terimleri aşağıdaki Formül 2.7 yardımıyla elde edilmiştir.

$$rij = \frac{x_{ij}}{\sum_1^j (x_{ij})} \tag{2.7}$$

i : alternatif değeri,

j : kriter değeri,

rij: normalize edilmiş değerleri,

xij: i. alternatif j. kriter için verilen fayda değerlerini ifade etmektedir.

Adım 3: Her bir kriter için entropi değerinin hesaplanması

Bu aşamada normalize matrisin bütün elemanlarının entropi değerleri normalize değerleri ile bunların logaritmik değeri çarpılarak hesaplanmıştır (Formül 2.8).

$$e_{j=-k\sum_{j=1}^{n} rij.ln(r_j)} \tag{2.8}$$

$(i = 1 \ldots., m; j = 1 \ldots, n)$

k=entropi katsayısını,

r_{ij}=normalize edilmiş değerleri,

e_j entropi değerini ifade etmektedir.

Burada, In doğal algoritmatı; k=1/In m'den hesaplanan ve 0≤ ej≤1 olmasının garantileyen bir sabiti temsil etmektedir.

Adım 4: Herhangi bir nitelik j tarafından sağlanan bilginin farklılaşma derecesi dj 'nin hesaplanması

$$d_{j=1-e_j} \quad (2.9)$$

$$(i = 1 \ldots., m; j = 1 \ldots, n)$$

olarak belirlenir. dj, bir Xj niteliğinin olan karşıtlık doğasında yoğunluğunu göstermektedir. Bir xj için daha farklı performans çıktıları (rij) karşılığında daha yüksek dj değeri hesaplanır. Bu da kriterin problem için göreceli olarak daha fazla önemli olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, eğer bir kriter de alternatiflerin performans çıktıları birbiriyle aynı veya yakın ise, söz konusu kriter problem için az önemlidir denilir. Bundan dolayı, bir kriter için tüm performans puanlarının eşit olduğu uç durumda, ilgili nitelik veri olan karar durumu için elimine edilebilir, çünkü karar vericiye hiçbir bilgi iletmemektedir (Çınar, 2004).

Adım 5: Entropi kriter ağırlığının hesaplanması:

Entropi kriter ağırlıkları aşağıdaki Formül 3.10 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$w_{j=\frac{1-e_j}{\sum_{i=1}^{n}(1-e_j)}} \quad (2.10)$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_i = 1 \quad (j = 1, \ldots n)$$

Hesaplanan kriterlerin ağırlıklarının toplamı her zaman 1'e eşit olması gerekmektedir. Eşitlikteki;

wj: ağırlık değerini,
ej: entropi değerini ifade etmektedir.

Entropi ağırlığı faydalı bilginin derecesini gösterdiğinden daha büyük entropi ağırlığına sahip kriterin değerlendirme ve karar verme açısından daha önemli olduğu sonucuna varılmaktadır.

Böylece çok kriterli karar verme sürecinin bu aşamasında entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlık hesaplanmış ve TOPSIS yöntemine geçilerek en ideal bölmeden çıkarma yönteminin seçilmesi sağlanmıştır.

2.2.6.4 TOPSIS yöntemi ile en ideal alternetifin belirlenmesi

TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerlik İle Sıralama Terciği Tekniği) yöntemi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biridir. Yöntemde "m" sayıda alternatifi ve "n" sayıda kriteri olan çok amaçlı karar verme problemi "n" boyutlu uzayda "m" noktaları ile gösterilebilir. Yoon ve Hwang (1981) TOPSIS yöntemini, çözüm alternatifinin pozitif ideal çözümü en kısa mesafe ve negatif ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre geliştirilmiştir. TOPSIS yönteminin çözüm aşamaları 6 adımdan oluşmaktadır. Aşağıda TOPSIS yönteminin uygulama aşamaları gösterilmektedir (Demireli, 2010; Bayram 2020).

Adım 1: Karar matrisinin (A) oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri bulunmaktadır. Karar matrisi yapısal olarak aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 2: Karar matrisinin normalize (R) edilmesi

Karar matrisinin sütununda yer alan a_{ij}'lerin kareleri toplamının karekökü alınmış ve tüm a_{ij}'ler elde edilen bu değere bölünerek normalize karar matrisinin elemanları (r_{ij}) elde edilmiştir. Normalize edilmiş karar matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanılarak ve aşağıdaki Formül 2.11 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}} \tag{2.11}$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 3: Ağırlıklı karar matrisi (V) oluşturulması

Bu adımda normalize edilmiş karar matrisinin elemanları kriterlere verilen önem doğrultusunda ağırlandırılmaktadır.

Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili W_j değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulmuştur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir. Bir önceki adımda bulunan normalleştirilmiş matris ağırlık vektörü ile çarpma işlemi yapılarak matris oluşturulmuştur. Ağırlıklı normalize karar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Vij=wj.rij, i=1, …… m; j=1, ..., n (2.12)

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_{11}r_1 & w_{12}r_2 & \cdots & w_{1n}r_n \\ w_{21}r_1 & w_{22}r_2 & \cdots & w_{2n}r_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1}r_1 & w_{m2}r_2 & \cdots & w_{mn}r_n \end{bmatrix}$$

Adım 4: Pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması

Pozitif ideal çözüm, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşmakta iken; negatif ideal çözüm, en kötü değerlerinden oluşmaktadır. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıda gösterilen denklem sayesinde bulunmuştur.

$\mathbf{A^*}= \left\{ \boldsymbol{max}_{v_{ij}} \middle\| \; j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m \right\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$

Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$\mathbf{A^-}= \left\{ \boldsymbol{min}_{v_{ij}} \middle\| \; j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$

Adım 5: Ayırım kriterlerinin hesaplanması

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları Öklid uzaklık yaklaşımından yararlanılmaktadır. Her bir alternatifin pozitif ideal çözüme uzaklığı ve negatif ideal çözüme uzaklığı aşağıda yer alan Formül 2.12, 2.13 yardımıyla elde edilmiştir.

Pozitif ideal çözüme uzaklık;

$$\boldsymbol{S_i^*} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^*)^2} \quad \text{i= 1,2,...,m} \tag{2.12}$$

Negatif ideal çözüme uzaklık;

$$\boldsymbol{S_i^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \text{i= 1,2,..., m} \tag{2.13}$$

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Karar noktalarının (her bir alternatifin) ideal çözüme göreli yakınlığın (C_i^*) hesaplanması aşağıdaki Formül 3.14'ten yararlanılarak belirlenmiştir.

$$C_i^* = \frac{Si}{S_i^* + S_i^-} \;, \quad 1 \geq C_i \geq 0 \tag{3.14}$$

2.2.6.5 En yüksek görece öneme sahip alternatifin seçilmesi

İdeal çözüme yakınlığın hesaplanması aşamasında Ci* değeri $0 \leq Ci \leq 1$ aralığında bir değer alır ve bu değerin "1" olması her kriter için en iyinin sağlandığı mutlak ideal çözüm durumudur. Bu değerin "0" olması ise her kriter için en kötünün sağlandığı

durumdur ve dolayısı ile bu değerin “1”e yakın olması arzu edilir. Yani büyük olan ideal çözüme göreli yakınlık (Ci*) değerleri daha iyidir (Ömürbek ve Mercan, 2014).

Çalışmada TOPSIS sürecinde değerlendirilen alternatifler negatif ideal konumundan göreli uzaklıklarına göre büyükten küçüğe doğru sıraya konularak alternatiflerin önemlilik sıralamaları yapılmıştır. Her iki toprak derinlik kademesi için (alt toprak-üst toprak) ayrı ayrı TOPSIS yöntemi uygulanmış olup en büyük değere sahip alternatif bölmeden çıkarma yöntemi, diğer alternatif bölmeden çıkarma yöntemlerine göre en iyi olanı olarak belirlenmiştir.

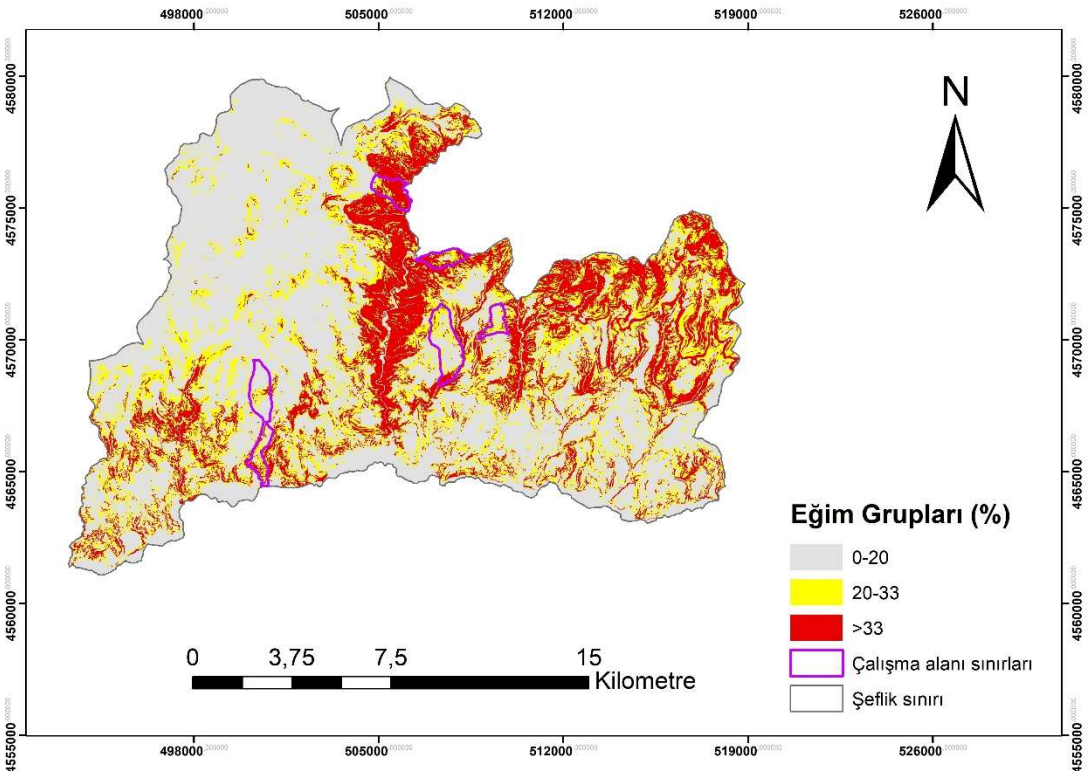
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Bulgular

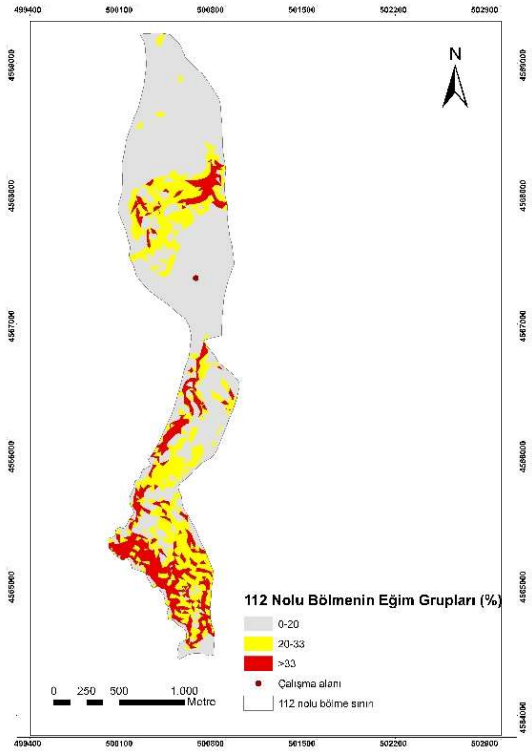
3.1.1 Çalışma Alanına Ait Bulgular

Aksudere Orman İşletme Şefliği'ne ait eğim haritası Şekil 3.1'de verilmiştir. Çalışma alanlarının yer aldığı bölmelerin eğim haritaları sırası ile Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6'daki gibi oluşturulmuştur.

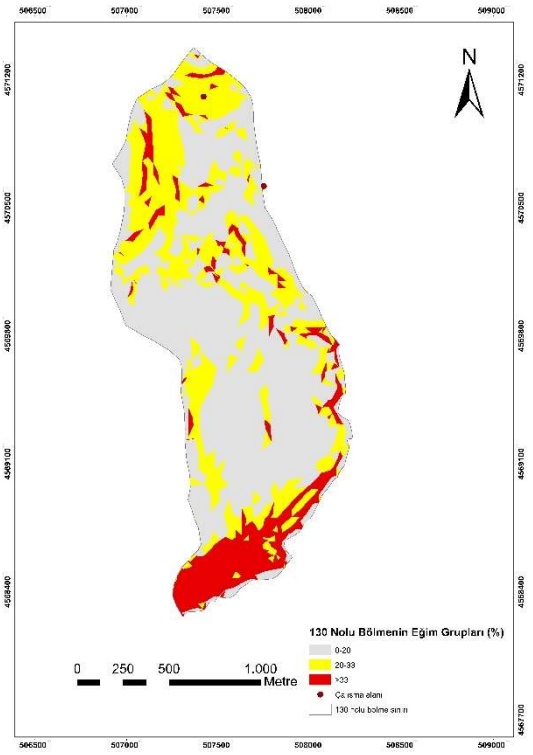
Eğim haritaları Şefliğe ait eşyükselti eğrileri üzerinden TIN katmanı oluşturularak ArcGIS programı yardımı ile yapılmıştır. Bu katman üzerinden IUFRO eğim sınıflandırmasına uygun olarak belirlenen eğim grupları haritaları üretilmiştir.



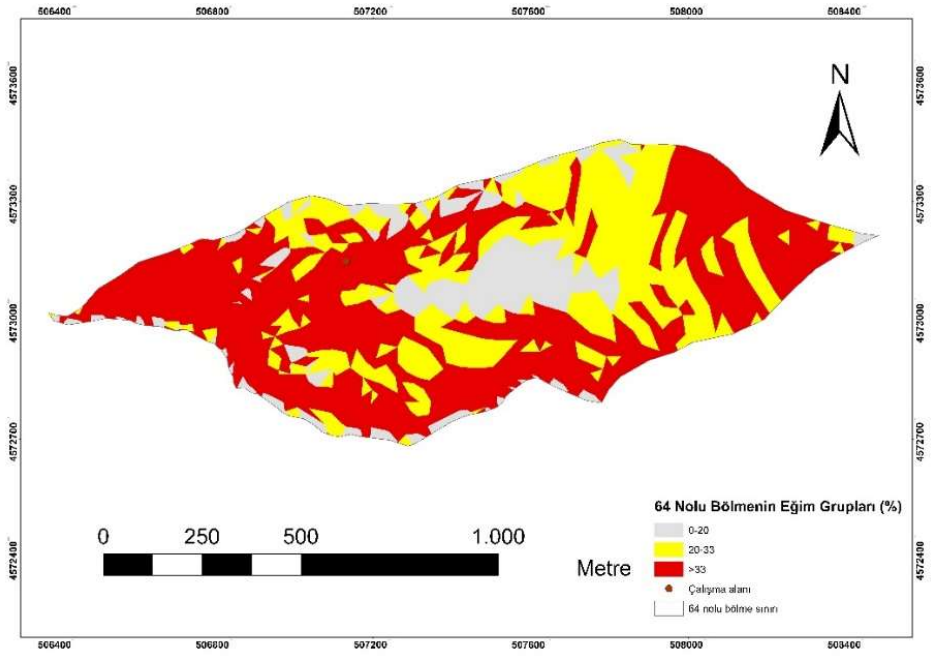
Şekil 3.1 Aksudere İşletme Şefliği'ne ait eğim haritası ve çalışma yapılan bölmeleri gösterir



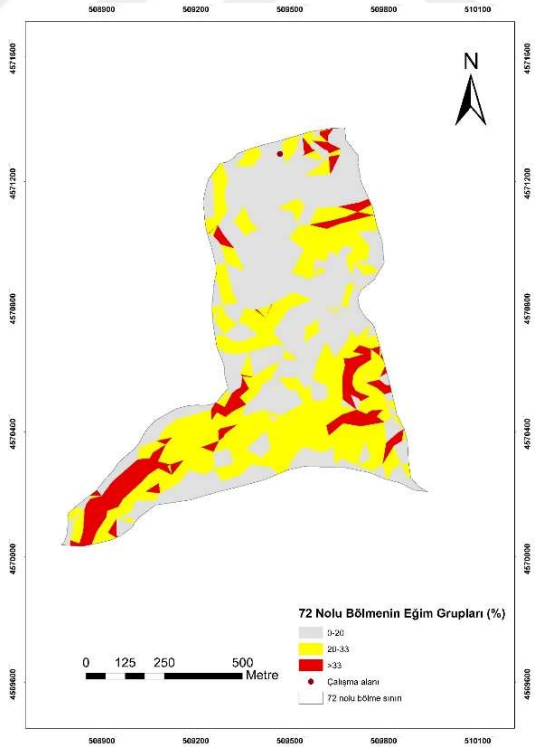
Şekil 3.2 112 nolu bölmenin ve %0-20 eğim grubu, "b-bc" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası



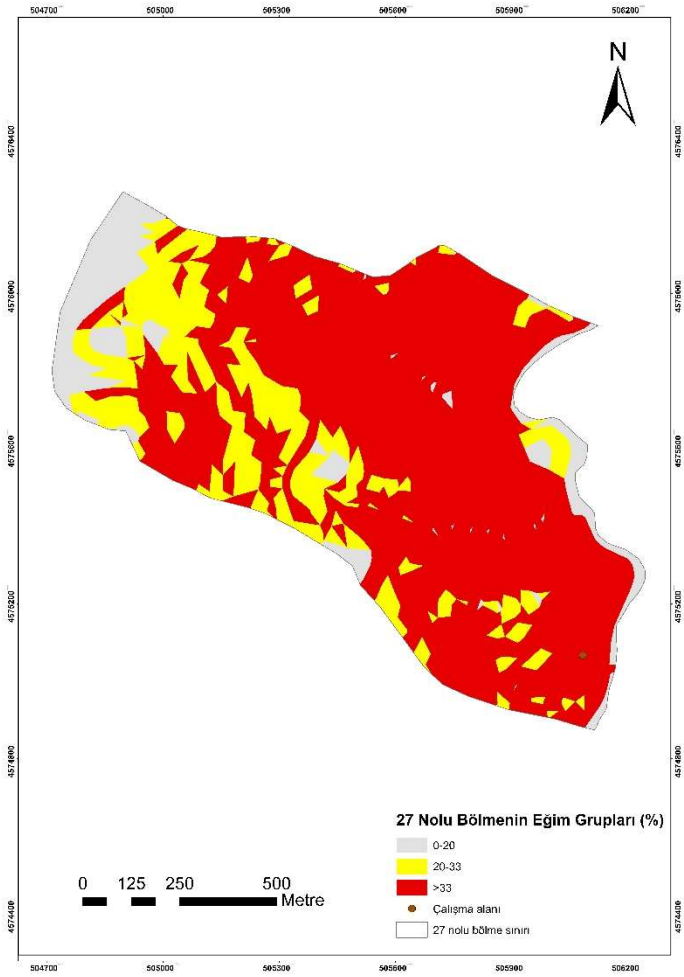
Şekil 3.3 130 nolu bölmenin ve %20-33 eğim grubu, "b-bc" ve "c-cd" meşcere çağı çalışma alanları eğim sınıfları haritası



Şekil 3.4 64 nolu bölmenin ve %33< eğim grubu, "b-bc" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası

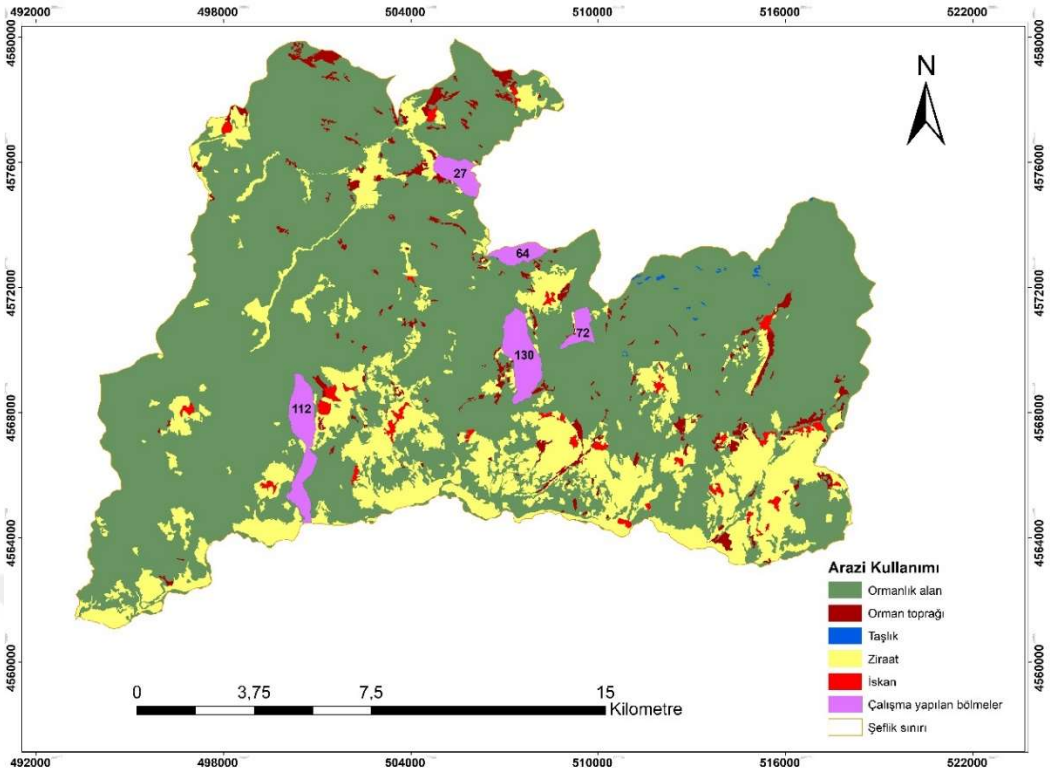


Şekil 3.5 72 nolu bölmenin ve %0-20 eğim grubu, "c-cd" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası



Şekil 3.6 27 nolu bölmenin ve %33< eğim grubu, "c-cd" meşcere çağı çalışma alanı eğim sınıfları haritası

Çalışma 6 farklı çalışma alanında 5 farklı bölmede gerçekleştirilmiştir. Her bölmede bir çalışma lokasyonu belirlenlenmiş olup sadece 130 nolu bölmede %20-33 eğim grubu, "b-bc" ve "c-cd" meşcere çağları için iki farklı lokasyonda çalışma yapılmıştır. Şefliğe ait amenajman haritası temel alınarak üretilen arazi kullanım haritası ve çalışılan bölmeler Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Aksudere İşletme Şefliği'nin arazi kullanımını gösterir haritası

Çalışmada 6 alanda çalışılmış olup her alanda 10'ar adet olmak üzere toplam sürütülen 60 tomruğun minumum / maksimum çap ve boy değerleri ile ortalama hacimleri hesaplanmıştır. Buna göre; çalışmada genel olarak 5-7 m boy ve 16-50 cm çapları arasında tomruklar kullanılmıştır. Sürütme güzergâhlarının ortalama uzunluğu ise 50 m'dir.

1. 112 nolu bölmede yer alan ve Çkb3 meşceresi olan bu alan belirlenen eğim grupları arasında %0-20 eğim grubuna ve "b-bc" meşcere çağına dahil olmaktadır. Bu çalışma alanında traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme çalışmaları yapılmış olup sürütülen tomrukların en düşük ve en yüksek çapları ve boyları sırasıyla 16 cm ile 21 cm ve 6 m ile 7 m arasında değişmektedir. 10 adet tomruğun ortalama çapı 18,4 cm, ortalama boyu 6,3 m ve toplam hacimleri 1,686 m^3 olarak hesaplanmıştır.

2. 130 nolu bölmede yer alan ve Çkbc2 meşceresi olan bu alan belirlenen eğim grupları arasında %20-33 eğim grubuna ve "b-bc" meşcere çağına dahil olmaktadır. Bu çalışma alanında traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme çalışmaları uygulanmıştır. En düşük ve en yüksek çapları ve boyları sırasıyla 22 cm

ile 32 cm ve 5 m ile 7 m arasında değişmektedir. 10 adet tomruğun ortalama çapı 27,3 cm ortalama boyu 6,1 m ve toplam hacimleri 3,566 m^3 olarak hesaplanmıştır

3. 64 nolu bölmede yer alan ve Çkbc3 meşceresi olan bu alan belirlenen eğim grupları arasında %33< eğim grubuna ve "b-bc" meşcere çağına dahil olmaktadır. Bu çalışma alanında kablo ile sürütme ve el vinci ile sürütme çalışmaları yapılmış olup en düşük ve en yüksek çapları ve boyları sırasıyla 20 cm ile 30 cm ve 5 m ile 7 m arasında değişmektedir. 10 adet tomruğun ortalama çapı 24,4 cm ortalama boyu 6,2 m ve toplam hacimleri 2,964 m^3 olarak hesaplanmıştır.

4. 72 nolu bölmede yer alan ve Çkd1 meşceresi olan bu alan belirlenen eğim grupları arasında %0-20 eğim grubuna ve "c-cd" meşcere çağına dahil olmaktadır. Bu çalışma alanında traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme çalışmaları yapılmıştır. Odun hammaddelerinin en düşük ve en yüksek çapları ve boyları sırasıyla 32 cm ile 48 cm ve 5 m ile 7 m arasında değişmekte olup 10 adet tomruğun ortalama çapları 42,3 cm, ortalama boyları 5,9 m ve toplam hacimleri 8,36 m^3 olarak belirlenmiştir.

5. 130 nolu bölmede yer alan ve Çkcd2 meşceresi olan bu alan belirlenen eğim grupları arasında %20-33 eğim grubuna ve "c-cd" meşcere çağına dahil olmaktadır. Bu çalışma alanında traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo ile çekimi ve el vinci ile sürütme çalışmaları yapılmış olup en düşük ve en yüksek çapları sırasıyla 33 cm ile 51 cm arasında değişmekte olup boyları 6 m 'dir. 10 adet tomruğun ortalama çapı 43,7 cm ortalama boyu 6 m ve toplam hacimleri 9,148 m^3 olarak hesaplanmıştır.

6. 27 nolu bölmede yer alan ve Çkc3 meşceresi olan bu alan belirlenen eğim grupları arasında %33< eğim grubuna ve "c-cd" meşcere çağına dahil olmaktadır. Bu çalışma alanında traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme çalışmaları yapılmış olup en düşük ve en yüksek çapları ve boyları sırasıyla 26 cm ile 41 cm ve 5 m ile 7 m arasında değişmektedir. 10 adet tomruğun ortalama çapı 34,3 cm, ortalama boyu 6,3 m ve toplam hacimleri 5,818 m^3' tür.

Çalışmada 3 yöntemin (traktör ile askıda sürütme, el vinci ile sürütme, traktör ile kablo çekimi) kullanılması durumunda analizi yapılan toprak özelliklerinin farklı durumlara göre (meşcere çağı, eğim grubu, tomruk sefer sayısı) toprak derinlik kademelerindeki

değişimini belirlemek amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi yapılmıştır. Daha sonra farklı eğim, çağ, sefer ve derinliğe sahip alanlarda farklı yöntemleri karşılaştırmak için elde edilen analiz sonuçlarına yine Tek Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Her iki analiz de anlamlı farkın ortaya çıktığı durumlarda ortalamalar arasındaki farklılıkları değerlendirmek için Duncan testi yapılmıştır. Bu kapsamda 11 farklı toprak özelliği (hacim ağırlığı, toprak nemi, pH, EC, organik madde, %kum, %kil, %toz, %N, %C, toprak sıkışması), her bir yöntem için ayrı ayrı irdelenerek ayrı başlıklar altında verilmiştir. Ancak, traktör ile askıda sürütme yönteminde sürütme yapılan alanda hem traktörün teker izinden hem de tomruk izinden kaynaklanan deformasyonlar meydana geldiği için toprak özellikleri iki durum içinde ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sonraki çok değişkenli istatistiki değerlendirme ve ÇKKV sürecinde, her bir toprak karakteri için en fazla deformasyon veren tekerlek ise tekerlek izi değerleri, tomruk ise tomruk izi değerleri değerlendirmeye alınmıştır.

3 yöntemin ((1) traktör ile askıda ((1a) tomruk izinden kaynaklı deformayon - (1b) traktör tekerlek izinden kaynaklı deformayon), (2) el vinci, (3) kablo) kontrol grubu ile kıyaslanarak herhangi bir yöntemin kullanılması durumunda meşcere çağı, eğim grubu, sürütülen ürün miktarına göre toprak derinlik kademesine bağlı olarak toprak özellikleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. 11 toprak özelliliğine ait tek yönlü varyans analizi değerleri ve Duncan testi sonuçları aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

3.1.2 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm^3) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden hacim ağırlığının 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin hacim ağırlığına (gr/cm^3) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
b-bc	% 0-20	0-5 cm	1,026 Ab	5	1,122 Bcd	1,015 Acde	0,987 Adefg		5,666*
			1,026 BCb	10	1,147 Ccd	0,860 Aabcd	0,941 ABcdef		6,269**
		5-10 cm	1,264 c	5	1,259 d	1,122 def	1,088 fghı		3,233 ns
			1,264 Cc	10	1,172 Bcd	1,174 Bdef	1,036 Aefgh		20,701***
	% 20-33	0-5 cm	0,987 b	5	0,984 bc	0,949 bcde	1,165 hıijk	0,954 abcd	1,270 ns
			0,987 ABb	10	1,034 ABc	0,897 Aabcd	1,116 BCfghıi	1,240 Cdefgh	6,434**
		5-10 cm	1,395 Bc	5	1,270 Ad	1,370 Bf	1,202 Ahıijk	1,176 Acdefgh	10,896***
			1,395 c	10	1,183 cd	1,246 ef	1,327 k	1,486 h	1,098 ns
	%33 <	0-5 cm	0,641 a	5			0,754 ab	0,766 a	1,283 ns
			0,641 Aa	10			0,906 Bbcde	1,092 Cbcdef	23,340***
		5-10 cm	0,953 b	5			0,977 defg	1,104 bcdef	2,612 ns
			0,953 b	10			0,987 defg	1,098 bcdef	3,827 ns
c-cd	% 0-20	0-5 cm	0,704 a	5	0,705 a	0,775 abc	0,802 abc		2,883 ns
			0,704 a	10	0,813 ab	0,581 a	0,715 a		3,183 ns
		5-10 cm	0,925 Ab	5	1,023 Bc	0,879 Aabcd	1,042 Befgh		6,914**
			0,925 b	10	0,961 bc	1,022 cde	0,984 defg		0,569 ns
	% 20-33	0-5 cm	0,960 Bb	5	1,142 Bcd	0,584 Aa	1,266 Bijk	1,170 Bcdefgh	6,342**
			0,960 Ab	10	1,175 Acd	1,012 Acde	1,134 Aghıij	1,466 Bgh	5,789**
		5-10 cm	1,371 Bc	5	1,116 ABcd	0,676 Aab	1,308 Bjk	1,330 Befgh	3,345*
			1,371 c	10	1,290 d	1,243 ef	1,309 jk	1,382 fgh	2,073 ns
	%33 <	0-5 cm	0,639 a	5			0,822 abcd	0,809 ab	0,534 ns
			0,639 Aa	10			1,135 Cghıij	0,883 Babc	16,776**
		5-10 cm	1,034 b	5			1,240 ıijk	1,160 cdefg	2,655 ns
			1,034 b	10			1,054 efgh	1,036 abcde	0,035 ns
F değeri			23,920***		5,747***	5,779***	10,858***	4,883***	

Küçük harflendirmeler dikey değerlendirmeler için (yöntemleri kendi içinde değerlendirme), büyük harflendirmeler ise yatay değerlendirmeler için (yöntemler arası değerlendirme).kullanılmıştır.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı hacim ağırlığı değerlerinin değişimi incelendiğinde en düşük değerin (0,705) "c-cd" meşcere çağında % 0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde olduğu görülmüştür. En yüksek değerlerin (1,142; 1,175; 1,116; 1,290) ise "c-cd" çağında, % 20-33 eğim grubunda olduğu ve bu değerlerin (1,122; 1,147; 1,259; 1,172) "b-bc" meşcere çağı %0-20 eğim grubu (1,122; 1,147; 1,259; 1,172) b-bc meşcere çağı %20-33 eğim grubu 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki verilere (1,270; 1,183) yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı en düşük hacim ağırlığı değerinin (0,581) ise "c-cd" meşcerelerinde, %0-20 eğimde, 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiş olup ikinci en düşük değerin yine (0,584) "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğimde 0-5 cm derinlikte 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. Bu iki değer ilk homojen grupta yer almaktadır. En yüksek değerlerin ise genellikle "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde (1,370; 1,246) olduğu gözlenmiştir.

El vinci yöntemi ile çalışma sonucunda, en düşük değerin hacim ağırlığı değerlerinin genellikle 0-5 cm de en düşük değerlere sahip olup en yüksek değerlerin ise 5-10 cm derinlikte olduğu tespit edilmiştir. En düşük değer ve en yüksek değer arasında yaklaşık 2 kat kadar fark bulunmuştur. "b-bc" meşcere çağında eğimin hacim ağırlığı değerleri üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Fakat "c-cd "meşcere çağında en düşük hacim ağırlığı değerlerinin %0-20 eğim grubunda en yüksek hacim değerlerinin ise %20-33 eğim grubunda olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin %33< eğim grubu üzerinde bulunmamasının sebebi ise eğimden dolayı tomruğun ucunun toprağı kaldırmasından kaynaklanmaktadır. Sonuçta toprakta bir sıkışma meydana gelmeyecek ve hacim ağırlığında da bir artma söz konusu olmayacaktır. Hacim ağırlığı değerlerinin genellikle 5'inci sefer tomruk geçişinde sonra daha fazla arttığı fakat 10'uncu sefer tomruk geçişi ile arasında farkın önemli olmadığı istatistiki analizler sonucunda belirlenmiştir.

Kablo ile yapılan sürütme çalışmasında da ise hacim ağırlığı değerlerinin 0,766 ile 1,486 arasında değiştiği tespit edilmiş olup en yüksek değerlerin genellikle 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. En düşük değerlerin ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edildiği tespit edilmiştir.

Hacim ağırlığı değerlerinin "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde iki homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. El vinci yönteminin hacim ağırlığı değerlerini kontrol grubuna kıyasla değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminin hacim ağırlığı değerlerini anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p<0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemlerin hacim ağırlığı değerini kontrol grubuna kıyasla etkilemediği fakat yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde hacim ağırlığı değerlerinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise tüm yöntemler hacim ağırlığı değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azaltmıştır ($p < 0,001$). En düşük değerin el vinci yönteminde elde edildiği tespit edilmiştir.

"b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde hacim ağırlığı değerlerinin yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise hacim değerinin sadece kablo yönteminde arttığı ($p<0,01$) belirlenmiş olup diğer yöntemler hacim ağırlığı değerini etkilememiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yöntemi hacim ağırlığı değerini değiştirmezken diğer yöntemler hacim ağırlığı değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azaltmıştır ($p<0,001$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde hacim ağırlığı değerlerinin yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

"b-bc" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde hacim ağırlığı değerlerinin yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise uygulanan el vinci ve kablo yöntemini hacim ağırlığı değerini istatistiki olarak anlamlı

düzeyde artırdığı ($p<0,001$) belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

"c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve her iki tomruk geçişinde de hacim ağırlığı değerlerinin yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yöntemi ve el vinci yöntemi hacim ağırlığı değerini anlamlı düzeyde artırmıştır ($p<0,01$). 10' uncu sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

"c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde kontrol grubuna kıyasla yöntemlerin hacim ağırlığı değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise kablo yöntemi hacim ağırlığı değerini anlamlı düzeyde artırırken ($p<0,01$) diğer yöntemler hacim ağırlığı değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde etkilememiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde de kontrol grubuna kıyasla yöntemlerin hacim ağırlığı değerini etkilemediği fakat yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

"c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler hacim ağırlığı değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırmış olup ($p<0,05$) en fazla etkileyen yöntemin el vinci olduğu belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

3.1.3 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Nemi (%) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden toprak neminin 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin toprak nemine (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile Sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	16,7 Babc	5	9,7 Aab	12,4 ABab	10,2 Aabc		4,393*
			16,7 Babc	10	13,2 ABbcde	15,9 Babcd	9,9 Aab		4,449*
		5-10 cm	12,5 ab	5	8,2 a	9,8 a	9,6 ab		0,969 ns
			12,5 ab	10	11,0abc	9,9 a	7,7 a		1,359 ns
	% 20-33	0-5 cm	19,0 Babc	5	16,4ABdef	15,2 ABabc	13,2 Abcd	12,2 Aab	4,141*
			19,0 Dabc	10	16,3 Cdef	13,3 Bab	13,7 Bcde	10,4 Aa	33,071***
		5-10 cm	12,7 ab	5	12,1 abcd	11,3 a	13,9 de	13,2 abcd	1,565 ns
			12,7 ABab	10	11,9 ABabcd	10,9 Aa	14,0 Bde	11,5 ABab	2,428 ns
	%33 <	0-5 cm	24,8 cd	5			15,1 def	16,7 bcd	3,856 ns
			24,8 Bcd	10			15,5 Adef	13,3 Aabcd	5,165*
		5-10 cm	12,4 Aab	5			13,2 Bbcd	11,7 Aab	11,915**
			12,4 ab	10			13,8 de	12,2 ab	4,144 ns
c-cd	% 0-20	0-5 cm	36,4 Be	5	29,1 ABh	32,2 ABe	22,1 Ag		3,691*
			36,4 Be	10	23,9 Ag	39,9 Bf	30,4 ABh		5,672*
		5-10 cm	20,8 bc	5	17,7 ef	20,4 cd	17,6 ef		0,646 ns
			20,8 bc	10	15,1 cdef	21,7 d	18,5 f		2,826 ns
	% 20-33	0-5 cm	30,9 Bde	5	13,4 Abcde	31,6 Be	15,9 Adef	22,9 ABe	7,512 **
			30,9 Bde	10	17,4 Aef	18,5 Abcd	16,8 Adef	18,9 Ade	10,475***
		5-10 cm	20,7 abc	5	14,8 cdef	18,1 bcd	16,5 def	16,5 abcd	1,892 ns
			20,7 Cabc	10	19,0 BCf	15,9 ABabcd	15,4 Adef	18,3 ABCcde	4,435*
	% 33<	0-5 cm	18,4 abc	5			16,1 def	18,6 de	0,093 ns
			18,4 Babc	10			8,8 Aa	12,9 Aabcd	10,892 **
		5-10 cm	11,6 Ba	5			7,1 Aa	11,2 Bab	13,649**
			11,6 a	10			9,5 a	12,3 abc	1,739 ns
F değeri			7,908***		14,106***	20,255***	18,534***	3,893***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı toprak nemi değerlerinin genel olarak en düşük değerinin (8,2) "b-bc" meşcere çağında % 0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin ise "c-cd" çağında %0-20 eğim grubunda toplandığı tespit edilmiştir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı toprak neminde meydana gelen değişime baktığımızda en düşük değerlerin "b-bc" meşcere çağında 5-10 cm toprak derinliklerinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerin (39,9) ise "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. Genellikle en düşük değerlerin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ve en yüksek değerlerin ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde olduğu göze çarpmaktadır.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük toprak nemi (7,7) değeri "b-bc" meşcere çağında 0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. En yüksek değer (30,4) ise "c-cd" meşcere çağında % 0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. En düşük değer ve en yüksek değer arasında yaklaşık 4 kat kadar fark olduğu belirlenmiştir.

Kablo yöntemi ile çalışma sonucunda en düşük toprak nemi değerlerinin (10,434) "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edildiği görülmektedir. En yüksek toprak nem değeri ise "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Genellikle en düşük toprak nemi değerlerinin "b-bc" meşcere çağında ve en yüksek toprak nemi değerlerinin ise "c-cd" meşcere çağında toplanmış olması göze çarpmaktadır.

Toprak nemi değerlerinin "b-bc"meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin toprak nemi değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği ($p>0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve el vinci yönteminin toprak nemi değerini istatistiki olarak azalttığı ($p<0,05$)

belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise sadece el vinci yönteminin toprak nemi değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı fakat diğer yöntemlerin toprak nemi değerini değiştirmediği belirlenmiştir. Toprak nemi değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde de yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yönteminin toprak nem değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin toprak nemi değerlerini değiştirmediği ($p>0,05$) belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise tüm yöntemlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde toprak nemini azalttığı ($p<0,05$) belirlenmiş olup en fazla nem kaybının kablo yönteminde olduğu ortaya konmuştur. Toprak nemi değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). "b-bc" %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak bir olmadığı tespit edilmiştir.10'uncu sefer tomruk geçişinde ise toprak neminin hem kablo hem de el vinci yöntemi sonrası azaldığı belirlenmiştir. 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ise kablo yöntemi sonrası toprak nemi değişmez iken el vinci yöntemi sonucu toprak nemi değerlerinin arttığı belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arası istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark bulunmamıştır.

Toprak nemi değerlerinin "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde sadece el vinci yönteminin toprak nemi değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,05$) değiştirdiği fakat diğer yöntemlerin toprak nemi değerini değiştirmediği ($p>0,05$) belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise sadece traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin toprak nemi değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,05$) diğer yöntemlerin toprak nemi değerini değiştirmediği belirlenmiştir.

Toprak nemi değerlerinin "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme

yönteminde tomruk izinin ve el vinci yöntemlerinin toprak nemi değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin ve kablo yönteminin nem değerlerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise tüm yöntemlerin toprak nemi değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,001$) belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve kablo yöntemlerinin toprak nemi değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin ve el vinci yönteminin toprak nemi değerlerini azalttığı ($p<0,05$) belirlenmiştir.

Toprak nemi değerlerinin "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise tüm yöntemlerin toprak nemi değerini anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,01$) belirlenmiştir. 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ise el vinci yönteminin toprak nemi değerini anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,01$) kablo yönteminin ise toprak nemi değerini istatistiki düzeyde anlamlı olarak değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

3.1.4 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak pH'ı Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden pH'ın 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin pH'a etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	5,048 Ba	5	4,830 ABa	4,970 Bab	4,622 Aa		4,218*
			5,048 a	10	5,415 ab	5,185 ab	5,049 abc		1,293 ns
		5-10 cm	5,492 Cabc	5	5,225 Bab	4,781 Aa	4,802 Aab		18,267***
			5,492 abc	10	5,310 ab	5,239 ab	5,105 abc		1,157 ns
	% 20-33	0-5 cm	5,762 ABbcd	5	5,468 Ab	5,203 Aab	6,353 Bg	5,757 ABabc	3,912*
			5,762 ABbcd	10	5,651 Ab	5,494 Aabc	5,799 ABef	6,429 Bde	2,768***
		5-10 cm	6,231 Bde	5	5,852 Ab	5,738 Abcd	6,497 Bgh	6,355 Bcde	7,230**
			6,231 de	10	6,499 cd	6,594 ef	6,292 g	6,710 e	1,435 ns
	% 33<	0-5 cm	5,490 abc	5			5,643 def	5,535 ab	0,363 ns
			5,490 Aabc	10			5,730 Bef	6,021 Cbcd	43,524***
		5-10 cm	5,830 Abcd	5			6,550 Bgh	5,820 Aabcd	4,633*
			5,830 bcd	10			6,320 g	6,305 cde	2,772 ns
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	7,125 f	5	7,230 e	7,203 f	7,130 ı		3,127 ns
			7,125 f	10	7,215 e	7,260 f	7,175 ı		0,731 ns
		5-10 cm	7,290 f	5	7,245 e	7,350 f	7,130 ı		2,167 ns
			7,290 f	10	7,125 e	7,295 f	7,235 ı		0,667 ns
	% 20-33	0-5 cm	6,090 cd	5	6,675 cde	5,605 abc	6,935 hı	6,685 e	1,288 ns
			6,090 cd	10	6,410 c	6,210 cde	6,060 fg	7,420 g	1,625 ns
		5-10 cm	6,810 ef	5	7,030 de	6,495 def	7,295 ı	7,325 fg	1,433 ns
			6,810 ef	10	7,000 cde	6,525 def	7,065 ı	6,790 ef	0,750 ns
	% 33<	0-5 cm	5,330 Bab	5			5,175 Abcd	5,229 ABa	5,212*
			5,330 ab	10			5,39050 cde	5,290 a	0,153 ns
		5-10 cm	5,140 Aab	5			5,307 Bbcde	5,487 Cab	28,322***
			5,140 Aab	10			5,78800 Bef	5,572 Bab	6,060*
F değeri			12,343***		19,001***	11,170***	27,161***	11,515***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük pH değerinin (5,415) "b–bc" meşcere çağında, %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerin (7,230; 7,215; 7,245; 7,125) ise "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda toplandığı görülmekte olup en yüksek değerlere sahip homojen grubu oluşturmaktadır. Genellikle "b-bc" meşcere çağının pH değerlerinin "c-cd" çağının pH değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Yine genel olarak derinlik arttıkça pH değerlerinin kendi içinde arttığı gözlemlenmiştir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük pH değerinin (4,781) "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerin (7,203; 7,260; 7,350; 7,295) ise "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda toplandığı görülmekte birlikte en yüksek değerlere sahip homojen grubu oluşturmaktadır. Genellikle "b-bc" meşcere çağının pH değerleri "c-cd" çağının pH değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Yine genel olarak derinlik arttıkça pH değerlerinin kendi içinde arttığı gözlemlenmiştir.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük pH verisinin (4,622) "b-bc" meşceresinde %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin (7,295; 7,065) ise "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler ikinci en yüksek değerlere sahip olan "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda elde edilen değerlere yakın değerlerdir.

Kablo yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük değerlerin (5,290; 5,229,) "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edildiği tespit edilmiş olup bu iki değer kendi içinde en düşük homojen grubu oluşturmaktadır. Bu değerler ikinci en düşük değerlere sahip olan "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 5-10 cm elde edilen değerlere yakın değerlerdir. En yüksek pH değeri ise "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde

edilmiştir. İkinci en yüksek değer ise “c-cd” meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir.

“b-bc”meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde sadece el vinci yönteminin pH değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,05$) belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde tüm yöntemlerin pH değerini anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,001$) belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

“b-bc”meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde kontrol grubu ile kıyaslandığında pH değerlerini yöntemlerin etkilemediği fakat yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olduğu belirlenmiştir ($p< 0.05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde ise sadece traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin pH değerini anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,01$) belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

“b-bc”meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde yöntemlerin pH üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci ve kablo yönteminin pH değerini artırdığı ($p<0,001$) fakat en fazla artışın kablo yöntemi sonucunda olduğu belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde ise kablo yöntemi sonucu pH değeri değişmezken el vinci yöntemi sonucu pH değerinin istatistiki düzeyde anlamlı olarak arttığı ($p<0,05$) belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

“c-cd” meşcere çağında %0-20 ve %20-33 eğim grubunda yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). “c-cd” meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk

geçişinde el vinci yönteminin anlamlı düzeyde pH değerini azalttığı ($p<0,05$) fakat kablo yönteminin pH değerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinin ise yöntemlerin pH üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yönteminin pH değerini artırdığı ($p<0,001$) fakat en fazla artışın kablo yönteminde meydana geldiği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise her iki yönteminde pH değerini anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,05$) belirlenmiştir.

3.1.5 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre EC (Elektrik iletkenliği, µS/cm) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden EC'nin 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin EC'ye (elektrik iletkenliği, µS/cm) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	73,350 abc	5	97,550 abcd	86,450 abc	65,550 ab		0,933 ns
			73,350 ABabc	10	74,150 ABab	97,500 Babc	46,750 Aa		4,708*
		5-10 cm	56,750 ABabc	5	45,100 Aa	36,150 Aa	71,300 Bab		3,603*
			56,750 abc	10	67,550 ab	50,200 ab	64,850 ab		0,592 ns
	% 20-33	0-5 cm	49,600 Aab	5	44,600 Aa	55,800 Aab	113,550 Babcd	28,350 Aa	4,095*
			49,600 Bab	10	27,050 Aa	46,000 ABab	108,450 Dabcd	87,000 Cabc	27,690***
		5-10 cm	21,350 Aa	5	45,800 ABa	57,550 ABCab	118,950 Cabcde	92,900 BCabc	3,328*
			21,350 Aa	10	55,750 Aa	173,850 Bbcd	86,000 Aab	89,500 Aabc	4,298*
	% 33<	0-5 cm	45,800 Aa	5			126,350 Babcde	160,750 Bcdef	10,167 *
			45,800 a	10			62,800 ab	81,000 abc	2,541 ns
		5-10 cm	127,550 bcde	5			65,200 ab	87,150 abc	2,151 ns
			127,550 Bbcde	10			73,600 Aab	59,250 Aab	5,211*
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	202,500 e	5	296,500 e	174,400 bcd	193,800 cde		0,781 ns
			202,500 e	10	260,500 e	248,000 d	215,250 e		0,746 ns
		5-10 cm	154,500 de	5	134,200 bcd	122,000 abcd	133,500 abcde		0,447 ns
			154,500 de	10	153,000 cd	209,250 cd	80,700 ab		2,528 ns
	% 20-33	0-5 cm	62,700 abc	5	154,000 cd	147,550 abcd	153,350 bcde	42,350 ab	1,224 ns
			62,700 abc	10	104,250 abcd	218,150 cd	38,150 a	213,500 f	2,833 ns
		5-10 cm	90,750 abcd	5	170,400 d	89,200 abc	100,000 abc	65,000 ab	2,950 ns
			90,750 abcd	10	87,250 abc	112,400 abc	103,950 abc	190,750 ef	0,945 ns
	% 33<	0-5 cm	135,100 cde	5			110,150 abcd	176,300 def	2,405 ns
			135,100 cde	10			208,600 de	127,500 bcde	2,123 ns
		5-10 cm	93,350 abcd	5			86,650 ab	71,850 ab	0,382 ns
			93,350 abcd	10			82,500 ab	104,550 abcd	0,222 ns
F değeri			4,712***		10,973***	2,852***	2,485**	4,314***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı etkileri incelendiğinde "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubundaki EC değerleri genellikle birbirlerine yakın değer olmakla birlikte en düşük değerlere sahiptir. "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinden elde edilen ortalama değerlerin de en yüksek (296,500; 260,500) homojen grubu oluşturduğu belirlenmiştir**.**

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı genellikle en düşük EC değerinin (36,150) "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek EC değerinin (248,000) "c-cd" meşcere çağında, %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edildiği belirlenmiştir.

El vinci yöntemi ile yapılan sürütme çalışmasında en düşük değerin "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubundaki EC değerleri genellikle birbirlerine yakın değerler olmakla birlikte en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. En yüksek ortalama değerin (215,250) ise "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir tek homojen grup oluşturmuştur.

Kablo yöntemi ile yapılan sürütme çalışmasında en düşük EC değerinin (28,350) "b-bc" meşcere çağında, %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek EC değerinin (213,500) "c-cd" meşcere çağında, %20-33 eğim grubunda, 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edildiği belirlenmiştir.

"b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde kontrol grubuna kıyasla yöntemlerin EC değerlerini belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesin 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

“b-bc” meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminin EC değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,05$) fakat diğer yöntemlerin EC değerini değiştirmediği tespit edilmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin EC değerini anlamlı düzeyde değiştirmediği ve traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin anlamlı düzeyde EC değerini azalttığı belirlenmiştir. El vinci ve kablo yönteminin de EC değerini anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,001$) tespit edilmiş olup en yüksek değerin el vinci yönteminde meydan geldiği belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yönteminin EC değerini anlamlı düzeyde artırdığı ($p <0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve traktör tekerlek izinin EC değerlerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin EC değerini anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,05$) fakat diğer yöntemlerin EC değerini değiştirmediği belirlenmiştir.

“b-bc” meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yöntemi sonucunda EC değerlerinin arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arası istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arası bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). 10. sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yöntemi sonucu EC değerlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

“c-cd” meşcere çağında tüm eğim gruplarında ve toprak derinliklerinde EC değerlerinin yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

3.1.6 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Madde (%) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden organik maddenin 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin organik maddeye (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	6,780 Bb	5	4,601 Aa	6,359 Bb	5,847 Bbc		8,129**
			6,780 Cb	10	4,431 Aa	7,163 Db	5,621 Bbc		807,613***
		5-10 cm	3,712 Aa	5	4,084 Aa	4,676 Ba	3,956 Aa		8,052**
			3,712 Aa	10	4,772 Cab	4,522 BCa	4,179 Ba		13,610***
	% 20-33	0-5 cm	8,728 cd	5	7,930 cde	8,577 c	6,347 cde	7,941 cdefg	0,880 ns
			8,728 cd	10	7,560 cde	7,214 b	8,419 hıi	6,407 abcd	2,672 ns
		5-10 cm	5,720 Ab	5	5,95850 Aabc	6,754 Bb	6,770 Bcdef	7,071 Babcde	5,237**
			5,720 Ab	10	6,615 Bbcd	6,994 Bb	7,240 Befgh	6,522 Babcd	5,986**
	% 33<	0-5 cm	11,911 Ce	5			8,535 Aıij	10,194 Bg	82,017***
			11,911 Ce	10			8,430 Bhıi	6,071 Aabc	240,849 ***
		5-10 cm	6,206 b	5			4,849 ab	6,104 abc	3,964 ns
			6,206 Bb	10			5,920 Bbcd	4,953 Aa	7,416 *
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	10,160 Ade	5	10,918 ABfg	12,494 Be	9,025 Aij		4,788*
			10,160 de	10	11,936 g	12,069 e	11,038 k		1,740 ns
		5-10 cm	10,129 de	5	9,208 ef	9,159 c	8,197 ghıi		1,440 ns
			10,129 de	10	8,098 de	10,647 d	8,038 ghıi		2,882 ns
	% 20-33	0-5 cm	9,937 Ad	5	10,075 Af	14,791 Bf	9,729 Aj	8,619 Adefg	5,927 **
			9,937 BCd	10	7,755 Acde	10,591 Cd	9,023 Bij	9,292 Befg	8,537**
		5-10 cm	7,509 Abc	5	7,763 Acde	9,791 Bcd	7,501 Aefghı	7,384 Abcdef	8,890**
			7,509 Abc	10	7,422 Acde	9,673 Bcd	7,117 Adefg	7,563 Abcdef	3,380*
	% 33<	0-5 cm	10,137 de	5			9,200 ij	9,436 fg	0,222 ns
			10,137 de	10			7,926 fghıi	9,262 efg	4,132 ns
		5-10 cm	6,065 Bb	5			6,516 Bcde	5,306 Aab	9,909**
			6,065 b	10			5,072 ab	6,504 abcd	2,839 ns
F değeri			17,338***		14,121***	45,216***	21,758***	4,928***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı organik madde miktarındaki değişime bakıldığında "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubundaki verilerin en düşük değere (4,601; 4,431; 4,084; 4,772) sahip olduğu ve bu verilerin ilk homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir. "c-cd" meşcere çağında ve %0-20 eğim grubunda genellikle en yüksek değerin elde edildiği (10,918; 11,936; 9,208; 8,098) ve bu grupların kendi içinde benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. "b-bc" meşcere çağında, %0-20 eğim grubundaki organik madde değerlerinin %20-33 eğim değerlerine göre daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. "c-cd" %0-20 eğim grubundaki değerlerin ise %20-33 eğim grubundakilerden daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı en düşük organik madde değerlerinin (4,676; 4,522) "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu seferde alınan toprak örneklerinde olduğu belirlenmiş olup bu iki değer ilk homojen grupta yer almaktadır. En yüksek değer (14,791) ise "c-cd" çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. İkinci en yüksek değerler (12,494; 12,069) ise "c-cd" çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer ve 10'uncu sefer tomruk geçişlerinde belirlenmiş olup bu iki değer homojen grup oluşturmaktadır.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük organik madde değerlerinin (3,956; 4,179) "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu seferdeki toprak örneklerinde olduğu belirlenmiş olup bu iki değer ilk homojen grupta yer almaktadır. En yüksek değer (11,038) ise "c-cd" çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir.

Kablo yöntemi ile yapılan sürütme çalışmalarında en düşük değerin (4,953) "b-bc" meşcere çağında %33< eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edildiği tespit edilmiştir. En yüksek değer (10,194) ise "b-bc" çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu değer, "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim

grubunda 0-5 toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde (7,941), "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde (8,619; 9,292) ve "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde elde edilen değere (9,436; 9,262) yakın bir değerdir.

"b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminde organik madde miktarını bir değişme olmadığı fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde organik madde miktarı değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir azalma ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yöntemi ve el vinci yöntemlerinin organik madde miktarı değerlerini azalttığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yöntemi ve el vinci yöntemlerinin organik madde miktarı değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği tespit edilmiştir ($p<0,01$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise tüm yöntemlerin organik madde miktarı değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$).

Organik madde miktarı değerlerinin "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde genellikle traktör ile askıda sürütme yönteminin organik madde miktarı değerini değiştirmediği fakat el vinci yönteminin organik madde miktarını istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p<0,01$).

Organik madde miktarı değerlerinin "b-bc" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak 5'inci sefer tomruk geçişinde organik madde değerlerinin tüm yöntemlerde azaldığı tespit edilmiştir. Fakat en fazla azalmanın el vinci yönteminde olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yine yöntemler sonucunda organik maddenin azaldığı ama en fazla azalmanın kablo yönteminde olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci yönteminin organik madde

değerini değiştirmediği fakat kablo yönteminin organik madde miktarını istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

"c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yöntemi ve el vinci yöntemi organik madde miktarını değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmemiştir ($p<0,05$). 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve 5-10 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde 3 yöntemde organik madde miktarı değeri istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmemiştir ($p<0,01$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise sadece traktör ile askıda sürütme yönteminde istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir azalma ($p<0,01$) olup diğer yöntemlerde organik madde miktarı değerlerinde bir değişiklik olmamıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde de organik madde miktarı değerinin 3 yöntemde de kontrol grubuna kıyasla bir değişme olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$). %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde de yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminin organik madde miktarı değerini istatistiki olarak değiştirmediği fakat kablo yönteminin organik madde miktarını istatistiki olarak azalttığı belirlenmiştir ($p<0,01$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

3.1.7 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kum (%) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden kum değerlerinin (%) 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin kum miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	62,091 c	5	62,507 de	75,043 g	69,465 hıi		2,854 ns
			62,091 c	10	71,810 fg	64,329 ef	70,687 hıi		1,650 ns
		5-10 cm	61,384 Ac	5	64,352 ABef	69,875 Cfg	68,892 Chıi		3,556*
			61,384 Ac	10	67,230 Befg	62,683 Adef	67,425 Bghı		4,564*
	% 20-33	0-5 cm	73,729 Cef	5	71,530 Cfg	74,973 Cg	59,534 Adef	66,522 Bde	24,521***
			73,729 Bef	10	73,786 Bg	73,682 Bg	64,858 Afgh	65,160 Acd	6,841**
		5-10 cm	65,890 Bcd	5	70,417 Befg	60,960 Acde	58,908 Adef	58,819 Ac	9,584***
			65,890 Bcd	10	70,169 Befg	69,738 Bfg	54,511 Acde	58,393 Ac	9,001***
	%33 <	0-5 cm	75,663 f	5			68,836 hıi	72,981 efg	3,988 ns
			75,663 Bf	10			76,177 Bi	67,251 Adef	5,095*
		5-10	69,113 Ade	5			69,755 Ahıi	74,209 Bfg	5,987*
			69,113 de	10			74,578 ıi	69,209 defg	1,569 ns
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	52,924 b	5	53,983 c	54,754 bcd	50,392 bc		0,495 ns
			52,924 b	10	51,122 bc	55,435 bcd	53,851 cde		1,063 ns
		5-10	49,273 b	5	55,568 cd	48,694 ab	53,975 cde		2,538 ns
			49,273 b	10	50,579 bc	53,043 bc	52,061 cd		1,147 ns
	% 20-33	0-5 cm	49,740 b	5	48,294 bc	53,446 bc	42,912 a	50,027 b	1,940 ns
			49,740 b	10	44,451 ab	43,835 a	44,161 ab	45,706 ab	1,300 ns
		5-10 cm	39,076 a	5	40,171 a	42,303 a	40,447 a	49,416 ab	1,885 ns
			39,076 Aa	10	44,795 Bab	42,863 Ba	43,444 Bab	42,806 Ba	4,026*
	%33<	0-5 cm	66,896 cd	5			75,470 i	74,525 g	1,575 ns
			66,896 cd	10			76,549 i	71,340 defg	3,590 ns
		5-10 cm	65,614 cd	5			60,560 efg	67,017 de	3,091 ns
			65,614 Bcd	10			54,848 Acde	65,109 Bcd	34,227***
F dğeri			39,029***		19,669***	19,278***	23,257***	21,917***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük % kum değerinin (44,451; 40,171; 44,795) "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. Bu değer, "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "c-cd" meşcere çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değerlere yakın değerdir. Genellikle "c-cd" meşcere çağındaki değerlerin "b-bc" meşcere çağındaki değerlerden düşük olduğu ve kendi içlerinde benzer özellik gösterdiği göze çarpmaktadır. En yüksek değerin (73,786) ise "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu seferde olduğu tespit edilmiştir. Bu değer genellikle "b-bc" meşcere çağında tüm eğim gruplarında elde edilen değerlere yakın bir değerdir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı "c-cd" meşcere çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki % kum değerleri homojen grup oluşturmakla beraber en düşük değere (53,446; 43,835; 42,303; 42,863) sahiptir. "b-bc" çağında % 0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen değer (75,043) ile "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değerler (74,973; 73,682) son homojen grup oluşmakla birlikte en yüksek % kum oranı değerlerine sahiptir.

El vinci yöntemi ile çalışma sonucunda en düşük değerler sırasıyla (42,912; 40,447) "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ve "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiş olup ilk homojen grubu oluşturmuştur. En yüksek değerleri sırasıyla (75,470; 76,549; 76,177) oluşturan homojen grup ise "c-cd" çağında % 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "b-bc" çağında % 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir.

Kablo yöntemi ile yapılan sürütme çalışmaları sonucunda en düşük değerlerin (45,706; 49,416; 42,806) "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda olduğu ve değerlerin birbirine yakın değerler olduğu belirlenmiştir. "c-cd" çağında % 33< meşcere çağında 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "b-bc" çağında, % 33< meşcere çağında 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde, "b-bc" çağında % 33< meşcere çağında 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen değerler sırasıyla (74,525; 71,340; 74,209; 69,209; 72,981) arasında benzerlik göstermekle beraber en yüksek değere sahiptir.

"b-bc"meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde de yöntemler arasında istatistiki olarak bir anlamlı düzeyde bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin ve el vinci yönteminin %kum değerinin artırdığı ($p<0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin %kum değerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve el vinci yönteminin %kum değerini artırdığı ($p<0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin %kum değerini değiştirmediği belirlenmiştir.

%20-33 eğim grubunda her iki toprak derinlik kademesinde ve her iki tomruk geçişinde el vinci ve kablo yönteminin %kum değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0,01$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin %kum değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği belirlenmiştir.

%33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesi 5'inci sefer tomruk geçişinde % kum değerinin yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminin % kum değerini değiştirmediği fakat kablo yönteminin % kum değerini azalttığı ($p<0,05$) belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminin % kum değerini değiştirmediği fakat kablo yönteminin % kum

değerini artırdığı ($p<0,05$) belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark yoktur ($p>0,5$).

"c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda % kum değerlerinin yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark olmadığı ortaya konmuştur ($p>0,05$).

%20-33 eğim grubunda ise sadece 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde % kum değerinin tüm yöntemler için arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Diğerlerinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

%33 eğim grubunda ise sadece 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde % kum değerinin kablo yönteminde azaldığı ($p<0,001$) el vinci yönteminde değişmediği belirlenmiştir. Diğer toprak derinliklerinde ve tomruk geçişlerinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

3.1.8 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kil (%) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden kil değerlerinin (%) 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin kil miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer Sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	16,422 ABbc	5	19,200 Cbc	14,190 Aa	17,796 BCcd		6,210**
			16,422 bc	10	17,179 ab	15,902 ab	16,575 bc		0,444 ns
		5-10 cm	18,219 c	5	16,006 ab	15,416 ab	17,969 cd		1,887 ns
			18,219 c	10	18,104 ab	19,169abc	14,875 abc		2,933 ns
	% 20-33	0-5 cm	15,374 Abc	5	14,942 Aab	15,461 Aab	26,130 Cef	21,981 Bd	48,340***
			15,374 Abc	10	13,917 Aa	16,105 Aab	22,577 Be	22,693 Bd	6,549**
		5-10 cm	23,892 Bd	5	20,128 Abcd	27,520 BCde	30,283 Cfg	29,255 Cef	12,028***
			23,892 ABd	10	18,429 Aab	20,990 Abc	32,406 Cg	29,064 BCe	7,614***
	% 33<	0-5 cm	8,132 Aa	5			14,259 Cabc	11,950 Ba	18,428**
			8,132 Aa	10			12,496 Bab	13,691 Bab	15,448**
		5-10 cm	15,516 bc	5			14,541 abc	13,986 ab	2,428 ns
			15,516 Bbc	10			10,126 Aa	16,179 Bbc	4,642*
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	26,113 d	5	24,050 cde	23,515 cd	25,766 e		0,607 ns
			26,113 d	10	25,611 ef	20,544 bc	22,013 de		2,858 ns
		5-10 cm	29,213 Cd	5	24,411 ABde	27,887 BCde	22,605 Ae		4,822*
			29,213 Bd	10	27,529 Bef	23,376 Acd	23,613 Ae		8,291**
	% 20-33	0-5 cm	24,051 d	5	29,026 ef	24,385 cd	25,303 e	27,416 e	0,610 ns
			24,051 Ad	10	30,067 Bfg	31,892 Be	31,777 Bg	30,681 Bef	13,195***
		5-10 cm	32,944 f	5	34,382 g	33,583 e	34,066 g	28,995 e	0,598 ns
			32,944 Bf	10	30,201 Afg	31,360 ABe	33,258 Bg	32,957 Bf	3,883*
	% 33<	0-5 cm	14,237 b	5			11,859 ab	13,235 ab	1,595 ns
			14,237 b	10			13,907 abc	13,972 ab	0,022 ns
		5-10 cm	17,445 Ac	5			23,357 Ce	19,701 Bcd	25,083***
			17,445 Ac	10			24,421 Be	17,081 Abc	13,715**
F değeri			63,250***		15,054***	11,128***	24,174***	35,152***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük %kil değerinin (13,917) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerinin (34,382) ise "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. Genellikle "b-bc" meşcere çağındaki değerlerin "c-cd" meşcere çağındaki değerlerden düşük olduğu ve birbirlerine benzer özellik gösterdiği belirlenmiştir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı en düşük değerin (14,190) "b-bc" çağında % 0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu. İkinci en düşük değerin ise genellikle "b-bc" çağında % 0-20 ve %20-33 eğim grubunda olduğu ve benzer ortalama değerler gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek değerlerin (33,583; 31,360; 31,892) ise sırasıyla "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ve yine "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilerek homojen gruba sahiptir.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük değerlerin (14,259; 12,496; 14,541; 10,126) genellikle "b-bc" meşcere çağında %33< eğim grubunda belirlenmiştir. En yüksek değerin (34,066) ise "c-cd" meşcere çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. Bu değer, "c-cd" meşcere çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 ve 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki 10'uncu sefer tomruk geçişlerinde ve "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değerler (33,258; 31,777; 32,406) ile homojen grup oluşturmuştur.

Kablo yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük %kil değerinin (11,950) "b-bc" çağında % 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin (32,957) ise "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. İkinci en yüksek değer ise sırasıyla (30,681; 29,255) "c-cd" çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu

sefer tomruk geçişinde ve “b-bc” çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir.

“b-bc” meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve el vinci yönteminin % kil değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,01$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin % kil değerini değiştirmediği belirlenmiştir. En yüksek değer ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinde elde edilmiştir. 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10‘uncu sefer tomruk geçişinde ve 5-10 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinden sonra traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin %kil değerini değiştirmediği fakat el vinci ve kablo yönteminin %kil değerinin artırdığı ($p<0,01$) tespit edilmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin %kil değerini azalttığı tekerlek izinin değiştirmediği fakat el vinci ve kablo yönteminin %kil değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,01$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin ve kablo yönteminin %kil değerini değiştirmediği fakat el vinci yönteminin artırdığı tespit edilmiştir ($p<0,001$).

%33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde el vinci ve kablo yönteminin her iki tomruk geçişinde de % kil oranını istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p<0,01$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5. sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arası istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p<0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise kablo yöntemi % kil değerini değiştirmez iken el vinci yöntemi % kil değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azaltmıştır ($p<0,05$).

“c-cd” meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve el vinci yönteminin %kil değerlerini azalttığı ($p<0,05$)

fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin %kil değerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin %kil değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin ve el vinci yönteminin %kil değerini azalttığı belirlenmiştir ($p<0,01$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde tüm yöntemlerin % kil değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin %kil değerini azalttığı ($p<0,05$) fakat diğer yöntemlerin % kil değiştirmediği belirlenmiştir.

%33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yönteminin %kil değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). En yüksek %kil değerini ise el vinci yönteminde meydana geldiği tespit edilmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise kablo yönteminin %kil değerini değiştirmediği fakat el vinci yönteminin %kil değerini artırdığı($p<0,01$) belirlenmiştir.

3.1.9 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toz (%) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden toz değerlerinin (%) 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin toz miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	21,486 d	5	18,292 bc	10,766 ab	12,738 abc		1,968 ns
			21,486 d	10	11,009 a	19,769 de	12,737 abc		2,615 ns
		5-10 cm	20,397 Bcd	5	19,641 Bc	14,709 Abc	13,138 Aabc		8,089***
			20,397 cd	10	14,666 ab	18,147 cd	17,699 cd		2,115 ns
	% 20-33	0-5 cm	10,895 ABa	5	13,527 Bab	9,565 Aa	14,335 Babc	11,497 ABa	3,282*
			10,895 Aa	10	12,296 Ba	10,213 Aab	12,565 Babc	12,147 Ba	9,478***
		5-10 cm	10,217 a	5	9,454 a	11,520 ab	10,808 ab	11,925 a	1,509 ns
			10,217 Aa	10	11,401 Ba	9,272 Aa	13,082 Cabc	12,542 BCa	16,938***
	% 33<	0-5 cm	16,205 bc	5			16,904 cd	15,068 abc	0,486 ns
			16,205 bc	10			11,327 ab	19,056 cde	2,697 ns
		5-10 cm	15,371 Bb	5			15,703 Bbc	11,804 Aa	6,504*
			15,371 b	10			15,295 bc	14,611 abc	0,122 ns
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	20,962 d	5	21,966 cde	21,730 def	23,842 e		0,799 ns
			20,962 Ad	10	23,266 Bcde	24,020 Bef	24,136 Be		15,934 ***
		5-10 cm	21,513 ABd	5	20,020 Acd	23,418 Bef	23,419 Be		3,777 *
			21,513 Ad	10	21,891 Acde	23,579 ABef	24,325 Be		4,301*
	% 20-33	0-5 cm	26,208 Be	5	22,679 Acde	22,168 Adef	31,784 Cf	22,556 Adef	67,853***
			26,208 e	10	25,481 e	24,272 ef	24,062 e	23,612 ef	0,660 ns
		5-10 cm	27,979 Be	5	25,447 ABe	24,114 ABef	25,487 ABe	21,588 Adef	3,103*
			27,979 e	10	25,003 de	25,776 f	23,297 e	24,236 f	1,798 ns
	% 33<	0-5 cm	18,866 bcd	5			12,670 abc	12,240 a	1,667 ns
			18,866 Bbcd	10			9,543 Aa	14,686 Babc	10,985 **
		5-10 cm	16,940 bcd	5			16,082 bcd	13,281 ab	0,942 ns
			16,940 Abcd	10			20,731 Bde	17,809 Abcd	8,475**
F değeri			14,318***		11,630***	16,725***	13,895***	8,581***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük % toz değerlerinin sırasıyla (12,296; 9,454; 11,401; 11,009) "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde, "b-bc" çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu toprak derinlik kademesinde, "b-bc" çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değerler ilk homojen grubu oluşturmuştur. En yüksek değerler ise "c-cd" meşcere çağında % 0-20 ve % 20-33 eğim grubunda elde edilmiş olup bu değerler kendi içinde benzerlik göstermektedir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı en düşük değerin sırasıyla (9,565; 9,272) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ve 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde belirlenmiş olup ilk homojen grubu oluşturmaktadır. En yüksek değerin (25,776) ise "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde tespit edilmiş olup ilk homojen grubu oluşturmuştur. Bu değer, genellikle "c-cd" meşcere çağı %0-20 ve %30-33 eğim grubunda elde edilen tüm değerlere yakın değerdir.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük değer (9,543) "c-cd" çağında % 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu değer genellikle "b-bc" meşcere çağında elde edilen değerler ile birbirlerine yakın değerlerdir. En yüksek değer (31,784) ise "c-cd" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde belirlenmiştir.

Kablo yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubundaki tüm değerler (11,497; 12,147; 11,925; 12,542), "b-bc" çağında %33< eğim grubundaki 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinden elde edilen değer (11,804) ve "c-cd" çağında % 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişindeki değer (12,240) en düşük ilk homojen grubu oluşturmuştur. En yüksek değer ise "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde

edilmiştir. Bu değer "c-cd" meşcere çağı % 20-33 eğim grubunda elde edilen diğer verilere yakın bir değerdir.

"b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin %toz değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin ve el vinci yönteminin %toz değerini azalttığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde kontrol grubu ile kıyaslandığında yöntemlerin % toz değerini etkilemediği fakat yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin %toz değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi, el vinci ve kablo yöntemi % toz değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin % toz değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin, el vinci ve kablo yönteminin % toz değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$).

%33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark yoktur ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ise el vinci % toz değerini değiştirmez iken kablo yöntemi % toz değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azaltmaktadır ($p<0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

"c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde tüm yöntemlerin %toz

değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde %toz değerinin yöntemlerden etkilenmediği belirlenmiş fakat istatistiki olarak yöntemler arası far bulunmuştur ($p<0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin %toz değerini etkilemediği fakat el vinci yönteminin %toz değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,05$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin ve kablo yönteminin % toz değerini azalttığı fakat el vinci yönteminin % toz değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde sadece kablo yönteminin %toz değerini azalttığı fakat diğer yöntemlerin %toz değerini değiştirmediği belirlenmiştir ($p<0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

%33< eğim grubunda 0-5 toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci yönteminin %toz değerini azalttığı fakat kablo değerini %toz değerini değiştirmediği tespit edilmiştir($p<0,01$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise kablo yönteminin %toz değerini değiştirmediği fakat el vinci yönteminin %toz değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,01$).

3.1.10 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toplam Azot (%N) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden toplan azot değerlerinin (%), 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin toplam azot miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	0,296 Cbc	5	0,189 Abcdef	0,246 Bcde	0,260 Bdefg		41,560***
			0,296 Bbc	10	0,218 Acdef	0,291 Bcdef	0,211 Abcde		10,331***
		5-10 cm	0,239 ab	5	0,182 abcde	0,212 abcd	0,241 def		1,452 ns
			0,239 ABab	10	0,270 Bef	0,221 Abcde	0,212 Abcde		4,557*
	% 20-33	0-5 cm	0,305 BCbc	5	0,089 Aa	0,379 Cefg	0,185 ABabcd	0,137 ABb	4,595*
			0,305 bc	10	0,165 abcd	0,176 abc	0,191 abcd	0,025 a	1,899 ns
		5-10 cm	0,142 a	5	0,128 abc	0,063 a	0,101 a	0,210 bcd	2,720 ns
			0,142 a	10	0,107 ab	0,088 ab	0,143 abc	0,133 b	0,560 ns
	% 33<	0-5 cm	0,508 Be	5			0,339 Aghı	0,364 Afg	8,181**
			0,508 Ce	10			0,368 Bı	0,253 Acde	47,331***
		5-10 cm	0,272 ab	5			0,236 cdef	0,231 cde	1,836 ns
			0,272 Cab	10			0,239 Bdef	0,210 Abcd	68,560***
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	0,452 de	5	0,442 h	0,425 fg	0,454 i		0,144 ns
			0,452 ABde	10	0,413 Ah	0,489 ABg	0,518 Bi		3,608 *
		5-10 cm	0,342 bcd	5	0,362 gh	0,324 cdef	0,339 ghı		0,196 ns
			0,342 bcd	10	0,283 fg	0,413 fg	0,295 efghı		3,405 ns
	% 20-33	0-5 cm	0,469 Bde	5	0,388 ABh	0,654 Ch	0,207 Abcde	0,311 ABef	5,170**
			0,469 Bde	10	0,250 Adef	0,352 ABdefg	0,328 Afghı	0,296 Adef	3,647 *
		5-10 cm	0,223 Aab	5	0,168 Aabcd	0,342 Bdefg	0,175 Aabcd	0,247 ABcde	3,925*
			0,223 Bab	10	0,176 ABabcde	0,340 Cdefg	0,131 Aab	0,177 ABbc	26,542***
	%33 <	0-5 cm	0,417 cde	5			0,357 hı	0,321 ef	2,782 ns
			0,417 cde	10			0,342 ghı	0,425 g	3,634 ns
		5-10 cm	0,263 Aab	5			0,293 Befghı	0,241 Acde	10,845**
			0,263 ab	10			0,270 defgh	0,313 ef	2,151 ns
F değeri			7,207***		13,604***	9,453***	12,106***	11,246***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük %N değerinin (0,089) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinden olduğu belirlenmiştir. "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "c-cd" meşcere çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen verilerin (sırasıyla 0,442; 0,413; 0,388) en yüksek homojen grubu oluşturduğu belirlenmiştir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı en düşük ortalama %N değerinin (0,063) "b-bc" "çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin (0,654) ise "c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerin en düşük değere göre yaklaşık 10 kat fazla olduğu dikkat çekmektedir.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucun da en düşük %N değerinin (0,101) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinden olduğu belirlenmiştir. Bu değer "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda ve "c-cd" meşcere çağı %20-33 eğim grubu 5-10 cm toprak derinlik kademesinde elde edilen diğer verilere yakın bir değerdir En yüksek değerin (0,454, 0,518) ise sırasıyla "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde olup bu iki değerin homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek değer ile en düşük değer arasında yaklaşık 5 kat kadar fark olduğu tespit edilmiştir.

Kablo yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük %N değerinin (0,025) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinden olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin (0,425) ise "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek değer ile en düşük değer arasında yaklaşık 17 kat kadar fark olduğu tespit edilmiştir.

“b-bc” meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde tüm yöntemler % N değerini azalttığı ($p<0,001$) tespit edilmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin %N değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve el vinci yönteminin %N değerini azalttığı ($p<0,001$) belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise tüm yöntemlerin kontrol grubu ile arasında bir fark olmadığı belirlenmiş olup yöntemler arasında istatistiki olarak fark tespit edilmiş ($p<0,05$). En yüksek değerin traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinde olduğu belirlenmiştir.

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin %N değerini azalttığı ($p<0,05$) fakat diğer yöntemlerin %N değerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde yöntemler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

%33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde 2 homojen grup oluştuğu belirlenmiştir. El vinci ve kablo yönteminin bir grubu kontrol yönteminin ise diğer grubu oluşturduğu görülmektedir. Yöntemler kontrol grubu ile kıyaslandığında uygulama sonrası %N değerinin azaldığı ($p<0,01$) belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci ve kablo yönteminin %N değerini azalttığı ($p<0,001$) fakat en fazla azalmanın kablo yönteminde olduğu belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10’uncu sefer geçişinde ise el vinci ve kablo yönteminin %N değerini azalttığı fakat en fazla azalmanın kablo yönteminde olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$).

“c-cd” meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde tüm yöntemlerden elde edilen değerlerin kontrol grubu ile aralarında fark olmadığı belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk

geçişinde yöntemlerin %N değerini etkilemediği fakat yöntemler arasında istatistiki olarak fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izi %N değerini artırırken el vinci yöntemi %N değerini azalmıştır ($p<0,01$). Traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi ve kablo yöntemi ise %N değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştirmemiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi, el vinci ve kablo yöntemi %N değerini azaltmış ($p<0,05$) iken traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izi %N değerini değiştirmemiştir. 5- 10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izi % N değerini artırmış ($p<0,05$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi, el vinci ve kablo yöntemi %N değerini değiştirmemiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izi %N değerini artırırken el vinci yöntemi %N değerini azalmıştır ($p<0,001$). Traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi ve kablo yöntemi ise %N değerini değiştirmemiştir.

%33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişin de de yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 5-10 cm torak derinliğinde 5'inci sefer tomruk geçişinde kablo yöntemi %N değerini değiştirmemiş fakat el vinci yöntemi %N değerini artırmıştır ($p<0,01$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark yoktur ($p>0,05$).

3.1.11 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Karbon (%C) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden organik karbon değerlerinin (%) 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin organik karbon miktarına (%) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer Sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
"b-bc"	% 0-20	0-5 cm	5,531 ab	5	3,817 ab	4,933 abc	3,924 abc		1,876 ns
			5,531 Aab	10	3,707 Aab	8,442 Babcd	3,674 Aab		6,776**
		5-10 cm	3,446 a	5	2,987 a	4,435 ab	3,656 ab		3,151 ns
			3,446 a	10	3,737 ab	3,040 a	3,381 a		0,595 ns
	% 20-33	0-5 cm	12,177 d	5	5,328 ab	10,171 bcd	6,387 cde	10,239 def	1,584 ns
			12,177 d	10	10,545 d	9,949 bcd	8,187 efg	5,162 abc	2,770 ns
		5-10 cm	3,634 ABa	5	2,315 Aa	4,501 ABCab	5,199 BCabcd	6,516 Cabcd	4,027 *
			3,634 a	10	3,984 ab	2,766 a	3,276 a	2,631 a	0,522 ns
	%33 <	0-5 cm	18,821 Be	5			9,971 Aghı	12,308 Aef	16,658**
			18,821 Ce	10			11,960 Bıi	4,692 Aabc	116,298***
		5-10 cm	6,219 abc	5			5,255 abcd	4,924 abc	0,836 ns
			6,219 Cabc	10			5,150 Babcd	3,414 Aab	22,921***
"c-cd"	% 0-20	0-5 cm	13,924 Bd	5	12,425 ABd	13,738 Bd	10,172 Aghı		3,853*
			13,924 d	10	12,499 d	13,220 d	11,327 hıi		2,040 ns
		5-10 cm	10,074 cd	5	10,198 cd	10,426 bcd	8,915 fgh		0,971 ns
			10,074 Bcd	10	9,439 Bcd	11,176 Ccd	7,300 Adef		27,035***
	% 20-33	0-5 cm	13,902 ABd	5	12,866 Ad	24,662 Be	5,835Aabcde	9,013 Acde	3,846*
			13,902 d	10	6,942 bc	10,142 bcd	9,577 fghı	8,961 cde	1,719 ns
		5-10 cm	5,219 Aab	5	4,716 Aab	9,563 Bbcd	3,616 Aab	6,089 Aabcd	4,107*
			5,219 Aab	10	4,530 Aab	8,741 Babcd	4,165 Aabc	4,637 Aabc	5,255**
	% 33<	0-5 cm	13,910 d	5			13,486 i	12,273 ef	0,229 ns
			13,910 Bd	10			11,269 Ahıi	14,828 Cf	43,054 ***
		5-10 cm	7,900 bc	5			7,220 def	4,189 abc	3,386 ns
			7,900 bc	10			6,063 bcde	8,321 bcde	0,874 ns
F değeri			14,747***		11,181***	7,245***	15,543***	5,391***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı etkisi incelendiğinde "b-bc" çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde ve "b-bc" çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen %C değerlerinin (sırasıyla 2,987; 2,315) en düşük homojen grubu oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu değerler, "b-bc" meşcere çağında tüm eğim gruplarında ve "c-cd" meşcere çağı %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde elde edilen verilere yakın değerlerdir. "b-bc"çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde, "c-cd"meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "c-cd"meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde ve 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen verilerin de (10,545; 12,425; 12,499; 12,866) en yüksek homojen grubu oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin en düşük değere göre yaklaşık 5 kat kadar fazla olduğu dikkat çekmektedir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tekerlek izinden kaynaklı en düşük değerin (sırasıyla 2,766; 3,040) "b-bc"çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve yine "b-bc"çağında % 0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. Bu iki değer ilk homojen grupta yer almaktadır. En yüksek değer (24,662) ise "c-cd"meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. En yüksek değer ile en düşük değer arasında yaklaşık 9 kar fark vardır.

El vinci yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda "b-bc" çağında % 0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'inci sefer tomruk geçişinde ve %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu tomruk geçişinde elde edilen değerler (sırasıyla 3,381; 3,276) ilk homojen grupta yer almakla birlikte en düşük değere sahiptir. En yüksek değer (13,486) ise "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu değer en yüksek değerin en düşük değere göre yaklaşık 10 kat kadar fazla olduğu dikkat çekmektedir.

Kablo yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda en düşük değer (2,631) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. En yüksek değerin (14,828) ise "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerin en düşük değere göre yaklaşık 5 kat kadar fazla olduğu dikkat çekmektedir.

"b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izinin ve el vinci yönteminin %C değerini değiştirmediği fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinin %C değerini artırdığı belirlenmiştir ($p<0,01$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde yöntemler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde yöntemler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde kablo yönteminin %C değerini artırdığı ($p<0,05$) fakat diğer yöntemlerin %C değerini değiştirmediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($p> 0.05$).

% 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde 2 homojen grup oluştuğu belirlenmiştir. El vinci ve kablo yönteminin bir grubu kontrol yönteminin ise diğer grubu oluşturduğu görülmektedir. Yöntemler kontrol grubu ile kıyaslandığında uygulama sonrası %C değerinin azaldığı belirlenmiştir ($p<0,01$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci ve kablo yönteminin %C değerini azalttığı ($p<0,001$) fakat en fazla azalmanın kablo yönteminde olduğu belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10'uncu sefer geçişinde ise el vinci ve kablo yönteminin %C değerini azalttığı ($p<0,001$) fakat en fazla azalmanın kablo yönteminde olduğu belirlenmiştir.

“c-cd” meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk ve tekerlek izinin %C değerini değiştirmediği fakat el vinci yöntemini %C değerini azalttığı ($p<0,05$) belirlenmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde de yine yöntemler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde el vinci yöntemi %C değerini azaltır iken traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi artırmıştır ($p<0,001$).Traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi ise %C değerini değiştirmemiştir.

%20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde yöntemlerin elde %C değerini değiştirmediği fakat yöntemler arasında istatistiki olarak bir fark olduğu belirlenmiş olup ($p<0,05$) en yüksek %C değerinin traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izinde olduğu tespit edilmiştir. 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde her iki tomruk geçişinde de traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi el vinci ve kablo yöntemi %C değerini değiştirmemiş fakat traktör ile askıda sürütme yönteminde tekerlek izi %C değerini artırmıştır (sırasıyla $p<0,05$; $p<0,01$).

%33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5’inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10’uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci yöntemi %C değerini azaltır iken kablo yöntemi %C değerini artırmıştır ($p<0,001$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde her tomruk geçişinde de yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

3.1.12 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Sıkışması (MPa) Değerlerine Ait Bulgular

Toprak özelliklerinden sıkışmanın 3 yönteminde kullanılması durumunda diğer faktörlere göre değişim durumu Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11 Bölmeden çıkarma yöntemlerinin sıkışmaya (MPa) etkisinin farklı eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısına bağlı değişimi

Çağ	Eğim	Derinlik	Kontrol	Sefer sayısı	Traktör ile askıda sürütme		El vinci ile sürütme	Kablo ile sürütme	F Değeri
					Tomruk izi	Tekerlek izi			
b-bc	% 0-20	0-5 cm	0,852 Acd	5	0,596 Aab	0,759 Acd	1,464 Bde		4,696*
			0,852 Acd	10	0,790 Abcd	0,774 Acd	1,519 Be		58,834***
		5-10 cm	0,937 d	5	0,836 cde	1,023 cde	1,550 e		3,030 ns
			0,937Ad	10	1,255 ABgh	1,255 ABefg	1,550Be		6,093**
	% 20-33	0-5 cm	1,030 Bd	5	1,418 Chı	1,480 Cfg	1,487 Cde	0,852 Ac	37,812***
			1,030 Ad	10	1,395 Bhı	1,084 Acdef	1,550 Be	1,426 Bfg	18,824***
		5-10 cm	1,519 e	5	1,550 ı	1,550 g	1,526 e	1,511 g	1,589 ns
			1,519 e	10	1,550 ı	1,550 g	1,550 e	1,550 g	3,000 ns
	% 33<	0-5 cm	0,627 bc	5			0,589 a	0,503 ab	3,097 ns
			0,627 Abc	10			0,898 Bb	1,170 Cde	286,228***
		5-10 cm	1,302 Be	5			1,108 Bbc	0,581 Ab	14,945**
			1,302 e	10			1,309 cde	1,511 g	1,652 ns
c-cd	% 0-20	0-5 cm	0,364 Aa	5	0,697 Bbc	0,922 Bcde	0,906 Bb		7,479**
			0,364 Aa	10	1,023 Bef	1,201 Bdefg	1,100 Bbc		14,656***
		5-10 cm	0,883 d	5	1,053 f	0,906 cde	1,193 bcde		1,017 ns
			0,883 Ad	10	1,069 Bfg	0,906 ABcde	1,348 Ccde		14,214***
	% 20-33	0-5 cm	0,488 Aab	5	0,488 Aa	0,333 Aab	1,100 Bbc	1,069 Bd	8,140**
			0,488 Bab	10	0,744 Cbc	0,100 Aa	1,402 Dcde	0,829 Cc	49,057***
		5-10 cm	0,937 d	5	0,976 def	0,728 bc	1,162 bcd	1,209 de	2,800 ns
			0,937 Bd	10	1,177 Cfg	0,705 Abc	0,922 Bb	1,208 Cde	8,381**
	% 33<	0-5 cm	1,046 Bd	5			0,418 Aa	0,511 Aab	29,776***
			1,046 Bd	10			0,426 Aa	0,379 Aa	14,502**
		5-10 cm	1,550 e	5			1,286 cde	1,364 efg	2,393 ns
			1,550 e	10			1,162 bcd	1,294 ef	2,221 ns
F değeri			19,299***		26,017***	8,720***	10,806***	41,063***	

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük sıkışma değeri (0,488 MPa) "c-cd" çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu değer, ikinci en düşük değere sahip olan "b-bc" çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen ortalama değere (0,596 MPa) yakın bir değerdir. En yüksek sıkışma değeri ise (1,550 MPa) "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu iki değer, en yüksek homojen grubu oluşturmakla beraber "b-bc" çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değerlere (sırasıyla 1,418 MPa ve 1,395 MPa) yakın değerlerdir.

Traktör ile askıda sürütme yönteminin tomruk izinden kaynaklı en düşük sıkışma değerinin (0,100 MPa) "c-cd"çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu değer, ikinci en düşük değere sahip olan "c-cd" meşcere çağında % 20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen değere (0,333 MPa) yakın bir değerdir. En yüksek sıkışma değeri (1,550 MPa) ise "b-bc" çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu iki değer, en yüksek homojen grubu oluşturmakla beraber "b-bc" çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilen değer (1,480 MPa), "b-bc" çağında %0-20 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değer (1,255 MPa) ve "c-cd"çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilen değerler (1,201 MPa) birbirlerine yakın değerlerdir.

El vinci yöntemi yapılan çalışma sürütme çalışması sonucunda en düşük sıkışma değeri (sırasıyla 0,418; 0,426; 0,589) "c-cd" çağında % 33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "b-bc" çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu üç değer ilk homojen grupta yer almaktadır. En yüksek değerler (1,519; 1,550; 1,550; 1,550; 1,526; 1,550) ise "b-bc" çağında %0-20 eğim

grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde, %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde, ve 5-10 cm 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. Bu altı değer en yüksek homojen grupta yer almaktadır.

Kablo yöntemi ile yapılan sürütme çalışması sonucunda en düşük sıkışma değerinin (0,379 MPa) "c-cd" çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir. En yüksek sıkışma değerleri (sırasıyla 1,511; 1,550; 1,511) ise "b-bc" çağında %20-33 eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde ve "c-cd" çağında %33< eğim grubunda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 10'uncu sefer tomruk geçişinde elde edilmiştir.

Sıkışma değerlerinin "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde iki homojen grup oluştuğu tespit edilmiştir. El vinci yönteminin bir grubu oluşturduğu traktör ile askıda sürütme yönteminin ise diğer grubu oluşturduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile kıyaslandığında ise traktör ile askıda sürütme yönteminin sıkışma değerini anlamlı düzeyde değiştirmediği fakat el vinci yönteminin sıkışma değerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde arttırdığı (sırasıyla $p<0,05$; $p<0,01$) görülmektedir. Sıkışma değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise sadece el vinci yönteminin sıkışmayı istatistiki olarak anlamlı düzeyde arttırdığı ($p<0,01$) belirlenmiş olup traktör ile askıda sürütme yönteminin sıkışma değerlerini etkilemediği ortaya konmuştur.

"b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde kablo yönteminin toprağı sıkıştırmayıp aksine sıkışma değerini azalttığı fakat traktör ile askıda sürütme yönteminin ve el vinci yönteminin kontrol grubuna göre toprak sıkışmasını istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise 3 yönteminde toprak sıkışıklık değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,001$) tespit

edilmiştir. Sıkışma değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise her tomruk geçişinde de yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

b-bc" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise el vinci ve kablonun kontrol grubuna kıyasla sıkışma değerini artırdığı ($p<0,001$) belirlenmiş olup en fazla sıkışma değerinin kablo yönteminde olduğu tespit edilmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminin toprak sıkışıklığı değerini etkilemediği fakat kablo yönteminin sıkışıklık değerini azalttığı belirlenmiştir ($p<0,01$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

"c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde uygulanan tüm yöntemlerin toprak sıkışıklığı değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı (sırasıyla $p<0,01$; $p<0,001$) belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamış ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde traktör ile askıda sürütme yönteminin ve el vinci yönteminin sıkışıklık değerini istatistik olarak anlamalı düzeyde artırdığı ($p<0,001$) belirlenmiştir. En yüksek sıkışıklık değerinin ise el vinci yönteminde meydana geldiği tespit edilmiştir.

"c-cd" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde el vinci ve kablo yönteminin sıkışma değerlerini istatistik olarak anlamlı düzeyde artırdığı ($p<0,01$) fakat traktör ile askıda sürütme yönteminin sıkışıklık değerlerini etkilemediği belirlenmiştir. 10'uncu sefer tomruk geçişinde ise traktör ile askıda sürütme, el vinci ve kablo yöntemlerinin toprak sıkışmasını artırmış olup en yüksek sıkışma değerinin ise el vinci yöntemi sonucu elde edildiği belirlenmiştir ($p<0,001$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). 10'uncu sefer tomruk geçişinde el vinci yönteminin sıkışıklık değerini etkilemediği

fakat traktör ile askıda sürütme ve kablo yönteminin toprak sıkışıklığını istatistiki olarak anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p<0,01$).

"c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde kablo ve el vinci yönteminin toprak sıkışıklığı değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalttığı (sırasıyla $p<0,001$; $p<0,01$) belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 5'inci ve 10'uncu sefer tomruk geçişinde yöntemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

3.1.13 Toprak Özellikleri ve Meşcere Durumu Korelasyon Analizine Ait Bulgular

Meşcere çağının, eğimin, toprak derinlik kademesinin ve sefer sayısının toprak özellikleri ile ve toprak özelliklerinin birbirleri ile ilişkilerinin ve ilişki derecelerinin belirlenmesi için Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Oluşturulan korelasyon matrisi Tablo 3.12'de verilmiştir. Faktörler arasında ters orantı var ise katsayı negatif, doğru orantı var ise katsayı pozitif olmaktadır.

Tablo 3.12 Toprak özellikleri ile eğim, çağ sınıfı, toprak derinliği ve sefer sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren pearson korelasyon sonuçları

Değişkenler	Hacim ağırlığı	Toprak nemi	pH	EC	Organik madde (%)	%kum	%kil	%toz	(N) %	(C) %	Sıkışma
Eğim	0,022	-0,005	-0,184**	-0,114*	-0,008	0,279**	-0,238**	-0,248**	-0,046	0,105	-0,048
Meşcere çağı	-0,135*	0,107*	0,490**	0,423**	0,521**	-0,639**	0,480**	0,642**	0,449**	0,382**	-,344**
Sefer sayısı	0,142**	-0,042	0,105	0,089	-0,077	-0,032	0,070	-0,023	-0,155**	-0,153**	,157**
Derinlik	0,019	-0,002	-0,017	-0,119*	-0,062	-0,028	-0,019	0,075	0,059	0,010	,013
Hacim ağırlığı		-0,339**	0,170**	-0,210**	-0,500**	-0,221**	0,376**	-0,025	-0,609**	-0,669**	0,331**
Toprak nemi			-0,018	0,017	0,121*	-0,097	0,074	0,096	0,156**	0,130*	-0,045
pH				0,401**	0,345**	-0,642**	0,603**	0,504**	0,037	-0,035	-0,023
EC					0,421**	-0,247**	0,154**	0,285**	0,345**	0,266**	-0,264**
Organik madde						-0,293**	0,160**	0,365**	0,635**	0,792**	-0,407**
%kum							-0,889**	-0,843**	-0,086	-0,011	0,122*
%kil								0,504**	-0,138*	-0,134*	0,032
%toz									0,326**	0,179**	-0,268**
%N										0,775**	-0,0448**
%C											-0,454**

**Korelasyon 0,01 (P<0,01) önem düzeyinde önemlidir.

*Korelasyon 0,05 (P<0,05) önem düzeyinde önemlidir.

Yapılan korelasyon testi sonucuna göre eğim ile hacim ağırlığı, toprak nemi, organik madde, %N, %C ve toprak sıkışması arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Fakat pH, EC, %kil ve %toz arasında negatif yönde, % kum ile pozitif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Meşcere çağı ile bütün toprak özellikleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiş olup hacim ağırlığı,% kum ve toprak sıkışması ile negatif yönde, diğer toprak özellikleri ile ise pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Sefer sayısı ile toprak nemi, pH, EC, organik madde, %kum, %kil, %toz arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Fakat hacim ağırlığı ve toprak sıkışması ile pozitif yönde, %N ve %C ile negatif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Toprak derinlik kademesi ile EC arasında negatif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu ($p<0,05$) fakat diğer toprak özellikleri ila arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$).

Hacim ağırlığı ile %toz değeri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Fakat pH, %kil ve toprak sıkışması ile arasında pozitif yönde, toprak nemi, EC, organik madde, %kum, %N ve %C arasında pozitif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Toprak nemi ile pH, EC, %kum %kil %toz ve toprak sıkışması arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Fakat organik madde, %N ve %C arasında pozitif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

pH ile %N, %C ve toprak sıkışması arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir iliski olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Fakat EC, organik madde, %kil, %toz arasında pozitif yönde, %kum ile negatif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

EC ile organik madde %kil, %toz %N ve %C arasında pozitif yönde, %kum ve toprak sıkışması arasında negatif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Organik madde ile %kum ve toprak sıkışması arasında negatif yönde, %kil %toz %N, %C arasında pozitif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

%kum ile %N ve %C arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). %kil ve %toz ile arasında negatif yönde, toprak sıkışması ile arasında pozitif yönde %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

%kil ile arasında toprak sıkışması arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Fakat %toz ile arasında pozitif, %N, %C arasında negatif yönlü %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Toz ile %C ve %N arasında pozitif, toprak sıkışması ile arasında negatif yönlü %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

%N ile %C arasında pozitif yönlü, toprak sıkışması ile negatif yönlü %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

%C ile toprak sıkışması arasında negatif yönlü %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ($p>0,05$).

3.1.14 Entropi-TOPSIS Hibrit Metodu İle En İdeal Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesine İlişkin Bulgular

3.1.14.1 Entropi yöntemiyle kriter ağırlıklarının hesaplanması

Entropi yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları yukarıda belirtilen adımlar ışığında Excel programı yardımı ile hesaplanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Satırda 2 farklı meşcere çağı, 3 eğim grubu ve 2 farklı toprak derinlik kademesine göre gruplanan 28 bölmeden çıkarma yöntemini içeren alternatifler, sütunda ise hacim ağırlığı, organik madde, organik karbon, toplam azot ve sıkışma kriterlerinin yer aldığı başlangıç karar matrisleri üst toprak (0-5 cm) ve alt toprak (5-10) olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Tablo 3.13, Tablo 3.14).

Tablo 3.13 Üst toprak başlangıç karar matrisi

Alternatifler	**Organik madde (%)**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T1	0,653466077	0,736486486	0,670222383	0,894507411	1
E1	0,829056047	0,712837838	0,664256012	1	0,560895326
T3	0,826535289	0,540983607	0,81703211	0,954545455	0,738351254
E3	0,9645967	0,626229508	0,672333087	0,884408602	0,664516129
KA1	0,734074244	0,081967213	0,423913936	0,795967742	0,72230014
E5	0,707749139	0,724409449	0,63546039	0,707505519	0,698218263
KA3	0,509696919	0,498031496	0,249295999	0,586996337	0,535897436
E7	1	1	0,813487504	0,984615385	0,330909091
T5	1	0,913716814	0,897658719	0,865928659	0,303080766
T7	0,780416625	0,533049041	0,499352611	0,817021277	0,655913978
E9	0,908020529	0,699360341	0,688893684	0,846560847	0,34807418
KA5	0,935091074	0,631130064	0,644583513	0,654843111	0,588661037
E11	0,781888133	0,820143885	0,810136592	0,562995595	1
KA7	0,913682549	1	0,333357297	0,723669309	1

Kısaltmaların açıklaması için Tablo 3.3'e bakınız.

Tablo 3.14 Alt toprak başlangıç karar matrisi

Alternatifler	**Organik madde**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T2	1	0,924686192	0,88218224	1	0,746613546
T4	1	0,887029289	0,981137551	1	0,604516129
T6	1	0,61971831	0,761144744	1	0,98
T8	1	1	0,901485966	1	0,98
E2	1	0,936619718	0,723995597	0,938761777	0,98
E6	0,953915566	0,878676471	0,828107413	0,965552178	0,994652406
E8	0,798098614	0,772058824	0,548962856	0,867941712	0,861681006
E10	0,799486623	0,82748538	0,936966448	0,905088063	0,826005613
E12	0,793563037	0,862573099	0,724637681	0,94004065	0,65504451
KA2	0,988413903	0,789237668	0,867982372	1	0,796091759
KA4	0,947795978	0,587443946	0,798045603	1	1
KA6	1	0,793721973	0,888484384	0,992040521	0,775662252
KA8	0,836273702	1	0,767468354	0,981024668	1
T2	1	1	0,586962025	0,998069498	1

Kısaltmaların açıklaması için Tablo 3.3'e bakınız.

Tablo 3.13 ve Tablo 3.14'te belirtilen başlangıç karar matrisleri kriterlerin ölçüm birimlerinin farklı olmasından dolayı entropi uygulama aşamasında Adım 2'de verilen

formül yardımıyla normalize edilmiş karar matrisine dönüştürülmüş ve aşağıda Tablo 3.15'de ve Tablo 3.16'da verilmiştir. Kriterlerin birbirinden faklı olması sebebiyle bu kriterlere 0 ile 1 arasında standart bir hale getirilmesi için normalizasyon işleri yapılır.

Tablo 3.15 Üst toprak normalizasyon değerleri

Alternatifler	**max**	**max**	**max**	**min**	**min**
	Organik madde	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T1	0,056605215	0,077375471	0,075989072	0,079303359	0,109327642
E1	0,071815352	0,074890938	0,075312611	0,088655899	0,061321363
T3	0,071596996	0,056835885	0,092634196	0,084626086	0,080722202
E3	0,083556294	0,065791843	0,076228381	0,07840804	0,072649981
KA1	0,063587739	0,008611498	0,048062893	0,070567236	0,078967371
E5	0,061307379	0,076106654	0,072047795	0,062724538	0,076334556
KA3	0,044151494	0,052323325	0,028264904	0,052040688	0,058588403
E7	0,086623036	0,105060273	0,092232312	0,087291962	0,036177511
T5	0,086623036	0,095995338	0,101775551	0,076769684	0,033135105
T7	0,067602057	0,056002278	0,056616046	0,072433756	0,071709529
E9	0,078655495	0,073474988	0,078106003	0,075052613	0,038054129
KA5	0,081000427	0,066306697	0,073082165	0,058055705	0,064356923
E11	0,067729524	0,08616454	0,09185239	0,049912881	0,109327642
KA7	0,079145956	0,105060273	0,037795681	0,064157553	0,109327642

Tablo 3.16 Alt toprak normalizasyon değerleri

Alternatifler	**Organik madde**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T2	0,076233763	0,077840447	0,078783412	0,073591537	0,061196491
E2	0,076233763	0,074670474	0,087620631	0,073591537	0,049549417
T4	0,076233763	0,052168131	0,067974141	0,073591537	0,080326109
E4	0,076233763	0,084180392	0,080507334	0,073591537	0,080326109
KA2	0,076233763	0,078845015	0,064656531	0,069084922	0,080326109
E6	0,072720573	0,07396733	0,073954252	0,071056469	0,0815271
KA4	0,060842061	0,064992215	0,049025207	0,063873164	0,070628044
T6	0,060947874	0,069658044	0,083675924	0,066606821	0,067703895
E8	0,060496296	0,072611742	0,064713873	0,069179036	0,053690997
T8	0,075350511	0,066438337	0,077515291	0,073591537	0,065251994
E10	0,072254054	0,049451262	0,071269578	0,073591537	0,081965418
KA6	0,076233763	0,066815827	0,079346226	0,073005786	0,063577481
E12	0,063752291	0,084180392	0,068538872	0,072195113	0,081965418
KA8	0,076233763	0,084180392	0,052418728	0,073449468	0,081965418

Tablo 3.15 ve tablo 3.16'de yer alan normalize edilmiş matris verileri ele alınarak entropi adım 3'te yer alan formül sayesinde hesaplanan üst toprak ve alt toprak entropi ej değerleri Tablo 3.17' de verilmiştir.

Tablo 3.17 Üst toprakve alt toprak entropi ej değerleri tablosu

Kriterler	Organik madde	%N	%C	Hacim ağırlığı	Sıkışma
Üst toprak entropi (ej) değerleri	0,99669	0,986834	0,989634	0,996572	0,986805
Alt toprak entropi (ej) değerleri	0,998418	0,995711	0,95495	0,999659	0,99535

Tablo 3.17'de elde edilen kriterlere ilişkin üst toprak ve alt toprak Entropi değerleri 1'den çıkarılmış ve dj değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.18).

Tablo 3.18 Üst toprak ve alt toprak entropi dj değerleri

Kriterler	Organik madde	%N	%C	Hacim ağırlığı	Sıkışma
Üst toprak entropi (dj) değerleri	0,00548	0,02682	0,01791	0,00552	0,02360
Alt toprak entropi (dj) değerleri	0,00158	0,00429	0,00451	0,00034	0,00465

Entropi adım 5'te belirtilen formül kullanılarak her kriterin üst toprak ve alt toprak için ayrı ayrı ağırlığı hesaplanmış ve bu değerler Tablo 3.19'da verilmiştir. Entropi yönteminden elde edilen ağırlıklar "0" ve "1" aralığında olmalı ve elde edilen ağırlıkların toplamı "1" değerini vermelidir.

Tablo 3.19 Üst toprak ve alt toprak entropi kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Kriterler	Organik madde	%N	%C	Hacim ağırlığı	Sıkışma
Üst toprak kriter ağırlıkları (wj)	0,06911	0,33808	0,22569	0,06963	0,29750
Alt toprak kriter ağırlıkları (wj)	0,103	0,27912	0,29315	0,02221	0,30256

Kriterlerin entropi ağırlıklarının hesaplanması sonucunda elde edilen değerlerin önem düzeyinin sıralaması üst toprak ve alt toprak için Tablo 3.20 de verilmiştir.

Tablo 3.20 Üst toprak ve alt toprak için kriterlerin önem sıralamaları

	Kriterler	Kriter ağırlıkları	Önem sıralaması
Üst toprak önem sıralaması	**Organik madde**	0,06911	5
	%N	0,33808	1
	%C	0,22569	3
	Hacim ağırlığı	0,06963	4
	Sıkışma	0,29750	2
Alt toprak önem sıralaması	**Organik madde**	0,103	4
	%N	0,27912	3
	%C	0,29315	2
	Hacim ağırlığı	0,02221	5
	Sıkışma	0,30256	1

Tablo 3.20'de üst toprak için entropi yöntemine göre kriterlerin ağırlıkları değerlendirildiğinde 0,33808 değeriyle en önemli kriter olarak %N ilk sırada yer almaktadır. Bu sıralamayı 0,29750 ile sıkışma, 0,22569 değeri ile %C, 0,06963 ile hacim ağırlığı ve 0,06911 değeri ile organik madde takip etmektedir. Bu ağırlıklar bir sonraki süreç olan TOPSIS yönteminde kullanılmıştır.

Yine Tablo 3.20'de alt toprak için entropi yöntemine göre kriterlerin ağırlıkları değerlendirildiğinde ise sıkışma 0,30256 değeriyle en önemli kriter olarak yer almaktadır. Sıralamayı 0,29315 ile %C, 0,27912 değeri ile %N, 0,103 ile organik madde ve 0,02221 değeri ile hacim ağırlığı takip etmektedir. Bu ağırlık değerleri bir sonraki süreç olan TOPSIS yönteminde kullanılmıştır.

3.1.14.2 Alternatif bölmeden çıkarma seçiminde topsıs yönteminin uygulanması

Çalışmada toplam 28 karar noktası olan alternatiflerin ve 5 değerlendirme faktörü olan kriterlerin yer aldığı veriler TOPSIS yöntemiyle analize tabi tutulmuş ve analizin uygulama sonuçları adım adım tablolarda verilmiştir. Alternatifler 14 üst toprak ve 14 alt toprak olarak ayrı ayrı yapılmıştır.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

İlk aşamada oluşturulan karar matrisinde üstünlükleri sıralanmak istenen farklı meşcere çağında, eğimde ve toprak derinlik kademesinde uygulanan bölmeden çıkarma yöntemleri, kriterler ise toprak özellikleri değerleridir. Oluşturulan karar matrisleriüst toprak ve alt toprak içn sırası ile Tablo 3.21 ve Tablo 3.22' de gösterilmiştir.

Tablo 3.21 Üst toprak TOPSIS karar matrisinin oluşturulması

Alternatifler	Organik madde (%)	%N	%C	Hacim ağırlığı	Sıkışma
T1	0,653466077	0,736486486	0,670222383	0,894507411	1
E1	0,829056047	0,712837838	0,664256012	1	0,560895326
T3	0,826535289	0,540983607	0,81703211	0,954545455	0,738351254
E3	0,9645967	0,626229508	0,672333087	0,884408602	0,664516129
KA1	0,734074244	0,081967213	0,423913936	0,795967742	0,72230014
E5	0,707749139	0,724409449	0,63546039	0,707505519	0,698218263
KA3	0,509696919	0,498031496	0,249295999	0,586996337	0,535897436
E7	1	1	0,813487504	0,984615385	0,330909091
T5	1	0,913716814	0,897658719	0,865928659	0,303080766
T7	0,780416625	0,533049041	0,499352611	0,817021277	0,655913978
E9	0,908020529	0,699360341	0,688893684	0,846560847	0,34807418
KA5	0,935091074	0,631130064	0,644583513	0,654843111	0,588661037
E11	0,781888133	0,820143885	0,810136592	0,562995595	1
KA7	0,913682549	1	0,333357297	0,723669309	1

Tablo 3.22 Alt toprak TOPSIS karar matrisinin oluşturulması

Alternatifler	Organik madde	%N	%C	Hacim ağırlığı	Sıkışma
T2	1	0,924686192	0,88218224	1	0,746613546
T4	1	0,887029289	0,981137551	1	0,604516129
T6	1	0,61971831	0,761144744	1	0,98
T8	1	1	0,901485966	1	0,98
E2	1	0,936619718	0,723995597	0,938761777	0,98
E6	0,953915566	0,878676471	0,828107413	0,965552178	0,994652406
E8	0,798098614	0,772058824	0,548962856	0,867941712	0,861681006
E10	0,799486623	0,82748538	0,936966448	0,905088063	0,826005613
E12	0,793563037	0,862573099	0,724637681	0,94004065	0,65504451
KA2	0,988413903	0,789237668	0,867982372	1	0,796091759
KA4	0,947795978	0,587443946	0,798045603	1	1
KA6	1	0,793721973	0,888484384	0,992040521	0,775662252
KA8	0,836273702	1	0,767468354	0,981024668	1
T2	1	1	0,586962025	0,998069498	1

Adım 2: Normalize matrisin elde edilmesi

Daha sonra oluşturulan karar matrisi verilerinin kareleri toplamının karekökünе tüm veriler ayrı ayrı bölünerek aynı paydada toplanmıştır. Başka bir deyişle veriler standartlaştırılmıştır (Tablo 3.23, Tablo 3.24).

Tablo 3.23 Üst toprak normalize edilmiş karar matrisi

Kriter Ağırlıkları	0,06911	0,33808	0,22569	0,06963	0,29750
Alternatifler	**Organik madde**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T1	0,20893794	0,274587019	0,272933714	0,292611227	0,386419664
E1	0,265080727	0,265770004	0,270504037	0,327119958	0,216740983
T3	0,264274744	0,201696947	0,332718832	0,312250869	0,285313443
E3	0,308418225	0,233479496	0,273793253	0,289307705	0,256782099
KA1	0,234711434	0,030560143	0,172629874	0,260376934	0,279110977
E5	0,226294298	0,270084291	0,258777637	0,231439176	0,269805266
KA3	0,162969476	0,18568295	0,101520458	0,192018217	0,207081307
E7	0,319738005	0,37283375	0,331275367	0,322087343	0,12786978
T5	0,319738005	0,340664466	0,365552292	0,283262547	0,117116368
T7	0,249528855	0,198738673	0,203350659	0,267263966	0,253458059
E9	0,290328673	0,260745139	0,280537202	0,276926948	0,134502707
KA5	0,298984154	0,235306588	0,262492834	0,214212251	0,2274702
E11	0,249999352	0,30577732	0,32991078	0,184167095	0,386419664
KA7	0,292139035	0,37283375	0,135752621	0,236726674	0,386419664

Tablo 3.24 Alt toprak normalize matrisin elde edilmesi

Kriter Ağırlıkları	0,103	0,27912	0,29315	0,02221	0,30256
Alternatifler	**Organik madde**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T2	0,284090102	0,288148624	0,291474868	0,275111286	0,226322588
E2	0,284090102	0,276414064	0,32416991	0,275111286	0,183248289
T4	0,284090102	0,193115221	0,251483824	0,275111286	0,297069532
E4	0,284090102	0,311617742	0,297852859	0,275111286	0,297069532
KA2	0,284090102	0,291867322	0,239209668	0,258263959	0,297069532
E6	0,27099797	0,273811178	0,273608431	0,265634301	0,301511148
KA4	0,226731917	0,240587227	0,181378482	0,23878056	0,261203238
T6	0,227126236	0,257859126	0,309575685	0,248999941	0,250388878
E8	0,225443404	0,268793082	0,239421814	0,258615792	0,198565068
T8	0,280798606	0,24594046	0,286783201	0,275111286	0,241321027
E10	0,269259456	0,183057956	0,263675945	0,275111286	0,303132176
KA6	0,284090102	0,247337849	0,293557109	0,272921543	0,235128186
E12	0,237577081	0,311617742	0,253573158	0,269890958	0,303132176
KA8	0,284090102	0,311617742	0,193933488	0,274580183	0,303132176

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesi

Bir önceki adımda normalize karar matrisinin kriter verileri daha önceden entropi yöntemi ile belirlenmiş olan önem sırasına göre ağırlık katsayıları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış ve karar matrisi elde edilmiştir (Tablo 3.25, Tablo 3.26).

Tablo 3.25 Entropi kriter ağırlıkları ile ağırlıklandırılmış üst toprak karar matrisi

Kriter Ağırlıkları	0,06911	0,33808	0,22569	0,06963	0,29750
Alternatifler	**Organik madde**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T1	0,014439074	0,092831478	0,061599431	0,020373498	0,114958317
E1	0,018318934	0,08985065	0,061051069	0,02277622	0,064479583
T3	0,018263235	0,068189042	0,075092558	0,021740938	0,084879617
E3	0,021313858	0,078933981	0,061793424	0,020143485	0,076391656
KA1	0,016220203	0,010331673	0,038961482	0,018129137	0,083034408
E5	0,01563852	0,09130921	0,058404493	0,016114302	0,080265996
KA3	0,011262332	0,062775082	0,022912532	0,013369558	0,061605867
E7	0,022096134	0,12604641	0,074766777	0,022425817	0,038040752
T5	0,022096134	0,115170724	0,082502865	0,019722582	0,034841655
T7	0,017244191	0,067188918	0,045894971	0,018608657	0,075402767
E9	0,020063744	0,08815186	0,063315491	0,019281456	0,040014022
KA5	0,020661898	0,079551679	0,05924299	0,014914851	0,067671482
E11	0,017276705	0,103376192	0,074458799	0,012822912	0,114958317
KA7	0,020188852	0,12604641	0,030638517	0,016482452	0,114958317
A* (max)	0,022096134	0,12604641	0,082502865	0,02277622	0,114958317
A- (min)	0,011262332	0,010331673	0,022912532	0,012822912	0,034841655

Tablo 3.26 Entropi kriter ağırlıkları ile ağırlıklandırılmış alt toprak karar matrisi

Kriter Ağırlıkları	0.06911	0.33808	0.22569	0.06963	0.29750
Alternatifler	**Organik madde**	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
T2	0,029251496	0,08042761	0,085444533	0,006111175	0,068475489
E2	0,029251496	0,077152278	0,095028936	0,006111175	0,055443057
T4	0,029251496	0,05390203	0,07372134	0,006111175	0,089880474
E4	0,029251496	0,086978275	0,087314212	0,006111175	0,089880474
KA2	0,029251496	0,081465568	0,070123227	0,005736937	0,089880474
E6	0,027903458	0,076425764	0,080207068	0,005900658	0,091224316
KA4	0,023345579	0,067152345	0,053170278	0,005304144	0,079028875
T6	0,02338618	0,071973251	0,090750705	0,005531151	0,075756914
E8	0,023212906	0,075025121	0,070185417	0,005744753	0,060077256
T8	0,028912586	0,068646531	0,084069192	0,006111175	0,073013372

Tablo 3.26'nın devamı

E10	0,027724451	0,051094861	0,077295405	0,006111175	0,091714769
KA6	0,029251496	0,069036568	0,086054932	0,006062533	0,071139684
E12	0,024462257	0,086978275	0,074333819	0,005995213	0,091714769
KA8	0,029251496	0,086978275	0,05685072	0,006099377	0,091714769
A* (max)	0,029251496	0,086978275	0,095028936	0,006111175	0,091714769
A- (min)	0,023212906	0,051094861	0,053170278	0,005304144	0,055443057

Adım 4: Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi

3. adımda elde ettiğimiz ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki her bir sütunun en küçük ve en büyük değerleri belirlenerek Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri alt toprak ve üst toprak için sırası ile Tablo 3.27 ve Tablo 3.28' de gösterilmiştir. Pozitif ideal çözüm, normalize karar matrisindeki en yüksek performans değerlerini içerirken negatif ideal çözümün en düşük performans değerlerini içermektedir.

Tablo 3.27 Üst toprak pozitif ideal çözüm (A^*) ve negatif ideal (A^-)

	Organik madde	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
A^*	0,022096134	0,12604641	0,082502865	0,02277622	0,114958317
A^-	0,011262332	0,010331673	0,022912532	0,012822912	0,034841655

Tablo 3.28 Alt toprak pozitif ideal çözüm (A^*) ve negatif ideal (A^-)

	Organik madde	**%N**	**%C**	**Hacim ağırlığı**	**Sıkışma**
A^*	0,029251496	0,086978275	0,095028936	0,006111175	0,091714769
A^-	0,023212906	0,051094861	0,053170278	0,005304144	0,055443057

Adım 5: Ayrım ölçülerinin hesaplanması

Bu adımda bulunan ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi verilerinin her birinin ayrı ayrı A* ve A-değerlerine olan uzaklıkları belirlenmiştir. Her veriden A* ve A^- değerleri çıkarılarak karesi alınmış daha sonra tüm bulunan kriter verileri toplanarak kare kökü hesaplanmıştır. Böylece $Si*$ ve $Si-$ değerine ulaşılmıştır.

Tablo 3.29 Üst toprak pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerleri

Alternatifler	***Si****	***Si-***
T1	0,0955606405	0,121609
E1	0,1120410237	0,093835
T3	0,0573927258	0,093288
E3	0,1201577097	0,089995
KA1	0,0093605909	0,051311
E5	0,0965503854	0,099551
KA3	0,0340646408	0,058881
E7	0,0654403357	0,127666
T5	0,0341958445	0,121273
T7	0,1010507191	0,073996
E9	0,0428507949	0,088512
KA5	0,0909738743	0,085334
E11	0,1102208998	0,133301
KA7	0,1175084082	0,141285

Tablo 3.30 Alt toprak pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerleri

Alternatifler	***Si****	***Si-***
T2	0,025977608	0,045923827
E2	0,037579081	0,049681506
T4	0,039388022	0,04066052
E4	0,007929792	0,060633977
KA2	0,025577118	0,049319062
E6	0,018252269	0,051723285
KA4	0,048390886	0,028533334
T6	0,023083447	0,047549238
E8	0,042398224	0,029729484
T8	0,028390596	0,040058178
E10	0,040055329	0,043802559
KA6	0,028736285	0,041069809
E12	0,021242366	0,055255682
KA8	0,038178217	0,051516008

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın ($Ci*$) Hesaplanması

TOPSIS yönteminin son aşamasında çözüme ulaşmak için analiz edilen değişkenlerin performansları tespit edilmiştir. Bu adımda en ideal çözümü seçmek için bulunan $Si-$ değeri $Si*$ ve $Si-$ değerlerinin toplamına bölünerek ideal çözüme göre yakınlık değeri olan $Ci*$ değerleri elde edilmiştir.

0 ile 1 arasında değer alan ideal çözüme yakınlık katsayısı değerleri ($Ci*$) TOPSIS yöntemi sonucu belirlenerek bu değerler doğrultusunda üst toprak ve alt toprak için

ayrı ayrı meşcere tipine ve eğim grubuna göre en ideal bölmeden çıkarma yöntemi seçimine ilişkin bulgular sırası ile Tablo 3.31 ve Tablo 3.32'da gösterilmiştir.

Tablo 3.31 Üst Toprak İdeal Çözüme Göreli Yakınlıklar ($Ci*$)

Alternatiflerin sembolleri	**Alternatifler (Meşcere çağı Eğim grubu Toprak derinlik kademesi)**	**Yakınlık Skorları ($Ci*$)**	**Performans Sıralama**
E11	c-cd %33< 0-5 cm	0,834297735	1
T1	b-bc %0-20 0-5 cm	0,752221775	2
KA7	c-cd %33<0-5 cm	0,72991072	3
E5	b-bc %33< 0-5 cm	0,642172865	4
E7	c-cd %0-20 0-5 cm	0,622844624	5
T5	c-cd %0-20 0-5 cm	0,599821191	6
E1	b-bc %0-20 0-5 cm	0,587725681	7
T3	b-bc %20-33 0-5 cm	0,586580842	8
E3	b-bc %20-33 0-5 cm	0,583003296	9
KA5	c-cd %20-33 0-5 cm	0,546788762	10

Tablo 3.31'in devamı

E9	c-cd %20-33 0-5 cm	0,506502906	11
T7	c-cd %20-33 0-5 cm	0,480313016	12
KA3	b-bc %33< 0-5 cm	0,363754923	13
KA1	b-bc %20-33 0-5 cm	0,286300981	14

Tablo 3.32 Alt Toprak İdeal Çözüme Göreli Yakınlıklar (Ci*)

Alternatiflerin sembolleri	**Alternatifler (Meşcere çağı Eğim grubu Toprak derinlik kademesi)**	**Yakınlık Skorları (Ci*)**	**Performans Sıralama**
E4	b-b %20-33 5-10 cm	0,884344278	1
E6	b-b %33< 5-10 cm	0,739162206	2
E12	c-cd %33< 5-10 cm	0,722314926	3
T6	c-cd %0-20 5-10 cm	0,673190297	4
KA2	b-bc %20-33 5-10 cm	0,658499029	5
T2	b-b %0-20 5-10 cm	0,638705285	6
KA6	c-cd %20-33 5-10 cm	0,588341312	7

Tablo 3.32'nin devamı

T8	c-cd %20-33 5-10 cm	0,585228567	8
KA8	c-cd %33< 5-10 cm	0,574351449	9
E2	b-b %0-20 5-10 cm	0,56934646	10
E10	c-cd %20-33 5-10 cm	0,522342741	11
T4	b-bc %20-33 5-10 cm	0,507948288	12
E8	c-cd %0-20 5-10 cm	0,412178404	13
KA4	b-bc %33< 5-10 cm	0,370927831	14

Üst toprak için ideal çözüme göre yakınlık sıralamasına göre 1,000'a yakınlık katsayısı ile E11 birinci sırada yer alırken, 0,2863 yakınlık katsayısıyla KA1 alternatifi en sonuncu sırada yer almıştır. Alt toprak için ise 0,8843 yakınlık katsayısı ile E4 alternatifi birinci sırada yer alırken 0,3709 yakınlık katsayısına sahip KA4 en sonuncu sırada yer almaktadır.

Tablo 3.33 ve Tablo 3.34'de farklı meşcere tipleri, eğim ve toprak derinlik kademesinde 3 bölmeden çıkarma yöntemlerinin TOPSIS analizi sonucuna göre sahip oldukları yakınlık katsayılarına göre sıralamaları ifade edilmiştir. TOPSIS sonucu elde edilen yakınlık katsayısı ne kadar yüksek ise o yöntem belirtilen alan için en ideal bölmeden çıkarma yöntemi olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.33 Üst toprak için en ideal bölmeden çıkarma yönteminin seçimine yönelik Ci^*değerlerinin gösterimi

	Üst toprak (0-5 cm)					
Meşcere çağları	**"b-bc" meşcere çağı**			**"c-cd" meşcere çağı**		
Eğim grupları (%)	**%0-20**	**%20-33**	**%33<**	**%0-20**	**%20-33**	**%33<**
Traktör ile askıda sürütme	0,7508 (2)	0,5915 (8)	-	0,6075 (6)	0,4455 (12)	-
El vinci yöntemi	0,5984 (7)	0,5697 (9)	0,6845 (4)	0,6134 (5)	0,4511 (11)	0,9327 (1)
Kablo ile çekim	-	0,4116 (14)	0,4435 (13)	-	0,514 (10)	0,7485 (3)

Parantez içindeki rakamlar TOPSIS analiz sonuçlarına göre alternatiflerin sıralamasını ifade etmektedir

Tablo 3.34 Alt toprak için en ideal bölmeden çıkarma yönteminin seçimine yönelik Ci^*değerlerinin gösterimi

	Alt toprak (5-10 cm)					
Meşcere çağları	**"b-bc" meşcere çağı**			**"c-cd" meşcere çağı**		
Eğim grupları (%)	**%0-20**	**%20-33**	**%33<**	**%0-20**	**%20-33**	**%33<**
Traktör ile askıda sürütme	0,6387 (6)	0,5079 (12)	-	0,6732 (4)	0,5852 (8)	-
El vinci yöntemi	0,5693 (10)	0,8843 (1)	0,7392 (2)	0,4122 (13)	0,52235 (11)	0,7223 (3)
Kablo ile çekim	-	0,6585 (5)	0,3709 (14)	-	0,5883 (7)	0,5744 (9)

Parantez içindeki rakamlar TOPSIS analiz sonuçlarına göre alternatiflerin sıralamasını ifade etmektedir.

Tablo 3.33'e göre üst toprak için "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme ve el vinci uygulanmış olup en ideal yöntemin traktör ile askıda sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir. Yine %20-33 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme yöntemi, el vinci yöntemi ve kablo ile çekim yöntemi uygulanmıştır. Burada en ideal yöntemin traktör ile askıda sürütme bölmeden çıkarma yöntemi olduğu onu el vinci yönteminin takip ettiği ve en tercih edilmemesi gereken yöntemin ise kablo ile çekim yönteminin olduğu belirlenmiştir. %33< eğim grubunda ise el vinci

ve kablo ile çekim yöntemi kullanılmış olup en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Üst toprak için "c- cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme ve el vinci uygulanmış olup en iyi bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda ise traktör ile askıda sürütme yöntemi, el vinci ile sürütme yöntemi ve traktör ile kablo ile çekim yöntemi kullanılmıştır. Burada her üç yönteminde sıralamaları birbirine çok yakın olmakla birlikte en ideal bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile kablo ile çekim yöntemi olduğu, daha sonra onu el vinci yöntemi takip ettiği en son traktör ile askıda sürütme yönteminin olduğu belirlenmiştir. %33< eğim grubunda ise el vinci ile sürütme ve kablo ile çekim yöntemi uygulanmış olup en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.34'e göre alt toprak için "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme yöntemleri uygulanmış olup en ideal yöntemin traktör ile askıda sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme yöntemi, el vinci ile sürütme yöntemi ve traktör ile kablo çekim yöntemi uygulanmıştır. Burada en ideal yöntemin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu onu traktör ile kablo çekim yönteminin takip ettiği belirlenmiştir. %33< eğim grubunda ise el vinci ile sürütme ve traktör ile kablo çekim yöntemi kullanılmış olup en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Alt toprak için "c- cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme uygulanmış olup en iyi bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda ise traktör ile askıda sürütme yöntemi, el vinci yöntemi ve traktör ile kablo çekim yöntemi kullanılmıştır. Burada her üç yönteminde sıralamaları birbirine çok yakın olmakla birlikte en ideal bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile kablo çekim yöntemi olduğu, daha sonra onu el vinci ile sürütme yönteminin takip ettiği ve en son traktör ile askıda sürütme yönteminin olduğu belirlenmiştir. %33< eğim grubunda ise el vinci ile

sürütme ve traktör ile kablo çekim yöntemi uygulanmış olup en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

3.1.15 Temel Bileşen Analizine (PCA) İlişkin Bulgular

Entropi yöntemi için hazırlanan matris verilerinin üzerinden PCA analizi gerçekleştirilmiştir. PCA analizi sonucunda elde edilen ilk ana bilesen (PC1), maksimum varyanslı doğrusal bileşendir. İkinci ana bilesen (PC2), ikinci büyüklükte varyansa sahip olan bileşendir. Sırasıyla ana bileşenler (PC3, PC4, P5, …), öz değerlerin (eigevalue) büyüklük sıralamasına göre orijinal veri setinin varyansını açıklamada yüzde değerlerle ifade edilen ana bilesen varyansları ile açıklanabilirler (Özdamar, 2002).

Bu tez çalışmasında PCA, 3 bölmeden çıkarma yönteminin (farklı meşcere çağı, eğim grubu ve toprak derinlik kademesine göre oluşan 28 değişkenin) toprak özelliklerinde meydana getirdiği değişimi minimize eden yöntemleri belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca arazi özelliği ve toprak derinliğine göre bölmeden çıkarma yöntemleri bakımından ağırlıklı bilginin hangi toprak özellikleri üzerinde etkili olduğu çıkarımını yapmak için kullanılmıştır. PCA analizi, toprak özelliklerinin farklı derinlik kademesine göre değişkenlik gösterdiğinden üst toprak için ve alt toprak için ayrı ayrı yapılmıştır. Tablo 3.35'de, üst toprak için bölmeden çıkarma yöntemlerine ilişkin PCA analizi, Tablo 3.36 da da toprak özelliklerinin PCA değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.35 Üst toprak için bölmeden çıkarma yöntemlerinin PCA analizi

Değişkenler	**Temel Bileşenler**				
	PC 1	**PC 2**	**PC 3**	**PC 4**	**PC 5**
T1	-0,15992	0,28217	0,16277	0,059309	-0,1642
E1	0,13019	-0,075556	0,049293	0,12601	-0,087292
T3	0,0093867	-0,034139	0,28436	0,0152	-0,036344
E3	0,056845	-0,032494	0,1034	0,069108	0,10412
KA1	-0,50876	-0,34628	0,15623	0,038968	0,091335
E5	-0,062028	0,075627	-0,050133	-0,098147	-0,07486
KA3	-0,40406	-0,20449	-0,33645	-0,072388	-0,12351
E7	0,53825	-0,04763	-0,06927	0,067887	-0,038788
T5	0,5153	-0,099028	-0,033553	-0,082885	0,0082657
T7	-0,16209	-0,10429	-0,017085	0,056747	0,0072424
E9	0,2305	-0,21666	-0,070843	-0,01951	0,014089
KA5	0,015466	-0,053304	-0,045302	-0,11359	0,15395
E11	-0,077539	0,39961	0,093553	-0,24004	0,030706
KA7	-0,12152	0,45647	-0,22696	0,19333	0,11529

Tablo 3.36 Üst toprak için toprak değişkenlerinin PCA analizi

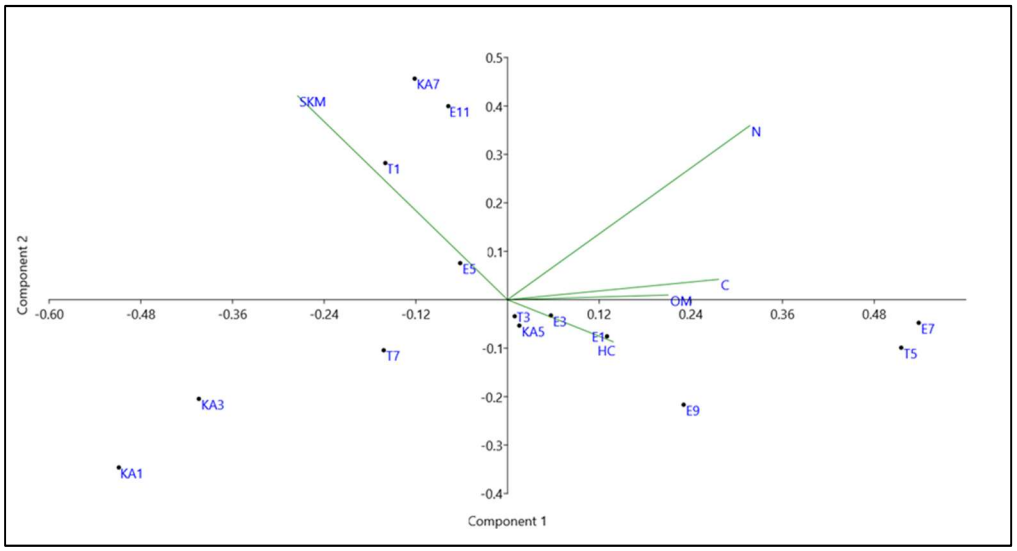
Değişkenler	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Organik madde	0,37416	0,017506	0,097701	0,23821	0,89074
%N	0,56441	0,63961	-0,46352	0,089029	-0,22262
%C	0,49161	0,074804	0,66229	-0,5439	-0,13516
Hacim ağırlığı	0,24635	-0,15451	0,40918	0,78816	-0,3561
Sıkışma	-0,48895	0,74908	0,41176	0,1353	0,10932

Toplam 5 parametrenin PCA sonuçlarının yer aldığı Tablo 3.37'ye göre toplam varyansın yaklaşık olarak %46,267'lik bölümü ilk bileşende, %28,552'si ikinci bileşenle açıklanabilmektedir. Anabileşen sayısını belirlerken en az anabileşen sayısının total varyansın 2/3'ünü (%67) açıklayabilecek sayıda anabileşen belirlemek uygum olur. Yani varyans oranı %67' den büyük olduğu takdirde orjinal veriyi açıklamak için yeteri kadar temel bileşenin kullanılması fazla veri kaybına neden olmamaktadır (Özdamar, 2018). Bundan dolayı verilen ilk 2 temel bileşen (%74,819) ile eğilim açıklanabilir. Bu iki bileşen için sonuç grafiği (ağırlık düzlemi) Grafik 3.1'de oluşturulmuştur.

Tablo 3.37 Üst toprak için temel bileşenlerle açıklanabilen varyanslar

Temel bileşenler (PC)	Özdeğerler (eigenvalue)	%varyans
1	0,0867279	46,267
2	0,0535215	28,552
3	0,0257034	13,712
4	0,0125976	6,7205
5	0,00890025	4,748

Sonuç grafiği, kullanılan yöntemlerin ve tüm değişkenlerin bir arada yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca toprak özellikleri değişkenlerini temsil eden mavi çizgilerin ucuna yakın bölmeden çıkarma yöntemlerinin diğer bölmeden çıkarma yöntemlerine göre o toprak özelliğinin minimum değişimi için daha yüksek değer aldığını ifade etmektedir.



Grafik 3.1 Üst toprak PCA analizi sonuç grafiği

PCA sonuç grafiğini yorumlarken eksenin solunda kalanlar en çok tavsiye edilecek, sağında kalanlar ise tavsiye edilmeyecek yöntemler olarak kabul edilmektedir. Ayrıca ikinci bir değerlendirme olarak elde edilen grafikten uygulanan yöntemlerin hangi toprak özelliğini olumlu yönde etkiliyorsa ona doğru yöneldiği anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle uygulamaların belirtilen toprak özellikleri ile aynı yöne doğru gitmesi bu uygulamaların o toprak özellikleri değerlerini artırdığını ifade etmektedir. Buradan yola çıkarak özellikle KA7, E11 ve T1 uygulamaları üst toprağın sıkışmasını minimum düzeyde değiştirirken, E1 üst toprak hacim ağırlığı azalmasında minimum değişimine neden olmaktadır. E7 ve T5 üst toprak organik madde, %C ve % N azalmasını minimum düzeyde tutmaktadır. KA1, KA3 VE T7 uygulamaları ise en az tavsiye edilmesi gereken yöntemler olarak ortaya konmuştur.

TOPSIS Ci* değerleri bakımından en yüksek değer içeren uygulamaların da KA7, E11, T1 olduğu belirlenmiştir. Böylece PCA sonuçları TOPSIS sonuçları ile oldukça uyumlu görünmektedir.

Tablo 3.38'de, alt toprak için bölmeden çıkarma yöntemlerine ilişkin PCA değerleri, Tablo 3.39'da toprak özelliklerinin PCA değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.38 Alt toprak için bölmeden çıkarma yöntemlerinin PCA analizi

Değişkenler	Temel bileşenler				
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
T2	-0,15443	0,076627	0,020372	0,053527	0,0022814
E2	-0,32598	0,034256	0,0079916	0,054224	-0,0024507
T4	0,10873	-0,21786	0,097485	0,040262	0,0074778
E4	0,013411	0,16434	0,14463	-0,042309	-0,0029895
KA2	0,12874	0,094864	0,031796	0,037806	-0,047649
E6	0,076963	0,038241	0,08529	-0,048269	-0,01455
KA4	0,16235	-0,095715	-0,24924	0,0096932	-0,031071
T6	-0,11097	-0,031176	-0,037761	-0,17094	-0,023975
E8	-0,11334	-0,010112	-0,24575	0,0031427	0,028782
T8	-0,10385	-0,056783	0,04305	0,03798	0,0065614
E10	0,10426	-0,25159	0,10213	-0,024017	0,022218
KA6	-0,13277	-0,052288	0,048573	0,041406	-0,0059686
E12	0,12122	0,15003	-0,021116	-0,10577	0,043923
KA8	0,22566	0,15717	-0,027445	0,11327	0,01741

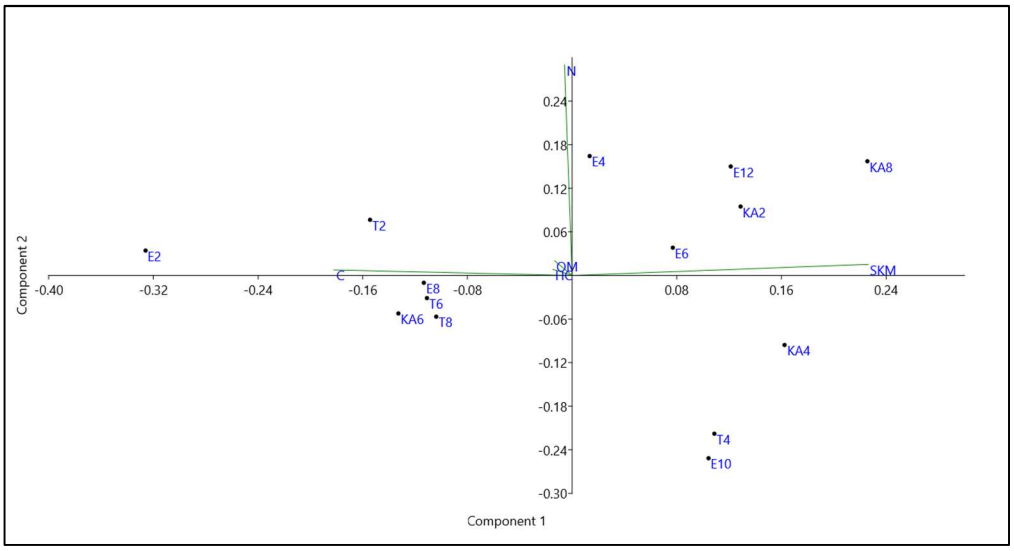
Tablo 3.39 Alt toprak için toprak değişkenlerin PCA analizi

Değişkenler	Temel bileşenler				
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Organik madde	-0,045991	0,069185	0,57174	0,74268	-0,33859
%N	-0,019979	0,99546	-0,089395	-0,025645	-0,0010823
%C	-0,62508	0,025928	0,57814	-0,51887	-0,071652
Hacim ağırlığı	-0,050855	0,029013	0,25935	0,22215	0,93806
Sıkışma	0,77729	0,05243	0,51343	-0,35944	-0,016309

Tablo 3.40 Alt toprak için temel bileşenlerle açıklanabilen varyanslar

Temel bileşenler (PC)	Özdeğerler (Eigenvalue)	%varyans
1	0,0246943	40,307
2	0,0168217	27,457
3	0,0137666	22,47
4	0,00538867	8,7955
5	0,000594725	0,97073

Alt toprak için uygulanan PCA' nın sonucu olarak ilk bileşenin varyansı açıklama değeri % 40,307, ikinci bileşenin ki ise %27,457''dir (Tablo 3.40). Bu iki bileşenin toplamları varyansın %67'sini oluşturmaktadır ve sonuç grafiği (ağırlık düzlemi) iki bileşen için Grafik 3.2'de gösterilmiştir.



Grafik 3.2 Alt toprak PCA sonuç grafiği

Alt toprakta sıkışmanın minimum düzeyde tutulması için ideal uygulama KA8 dir. %N değişimini minimum düzeyde tutmak için en ideal uygulama E4 iken, %C azalmasını minimum düzeyde tutmak için en ideal uygulamanın E2 olduğu belirlenmiştir.

Organik madde ve hacim ağırlığı'nın uzantıları kısa kaldığı için bu toprak değişkenlerini dikkate alarak herhangi bir uygulama için tavsiyede bulunmak çok anlamlı olmamaktadır.

Alt toprak için belirlenen Ci* değerleri itibariyle E4, E6, E12 en yüksek değerlere sahip olup bu uygulamaların PCA analizi sonucu eksenin sol tarafında kalması itibariyle tavsiye edilebilir yöntemler olması kabul edilebilirdir.

3.2 Tartışma

3.2.1 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm^3) Değerleri

Çalışmada sürütme çalışmaları başlamadan önce kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesinin hacim ağırlığı değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki hacim ağırlığı değerinden küçük olduğu ve istatistiki olarak aralarında fark olduğu Tablo 3.1'de görülmektedir. Üretim çalışmaları sonucunda yöntemlerin hacim ağırlığı değerlerini bazı noktalarda değiştirmediği bazı noktalarda da artırdığı

belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sonrasında 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre 5-10 cm toprak derinlik kademesinin hacim ağırlığı değerlerinin daha yüksek olduğu tabloda görülmesine rağmen genel olarak her iki derinlikte istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark yoktur. 5'inci sefer ve 10'uncu sefer hacim ağırlığı değerlerinde istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda genel olarak en düşük değerin el vinci yönteminde, en yüksek değerin ise traktör ile askıda sürütme yönteminde olduğu belirlenmiştir. El vinci yönteminde kullanılan sürütme konisinin kullanılması ile hacim ağırlığı değerlerinin artmadığı hatta bazı noktalarda azaldığı belirlenmiştir. Sürütme konisinin yuvarlak hatlara sahip olmasından dolayı ve bazı noktalarda sürütme esnasında toprağı önüne alarak sürüklediğinden dolayı toprakta sıkışmanın aksine toprağı kaldırdığı gözlemlenmiştir. "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde en yüksek hacim ağırlığı değerlerinin kablo yönteminde olduğu, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise yöntemlerin hacim ağırlığını genellikle azaltmış olduğu göze çarpmaktadır. Burada eğim arttıkça kablo yönteminin toprağı daha fazla sıkıştırarak hacim artışına sebep olduğu belirlenmiştir. Kablo yönteminde tomruk zemine doğrudan temas ettiği için hacim ağırlığının artması beklenen bir durumdur. Fakat el vinci yönteminde hem eğimin artması sonucu hemde koni başlığının kullanılmasından dolayı tomruk yüzeyi hafif sıyırarak geçtiği için hacim ağırlığına bir değişme görülmemiştir. Kozlowski, (1999) 1,40 gr/cm^{-3} ile 1,55 gr/cm^{-3} arasındaki hacim ağırlığının kritik seviye olarak kabul edildiğini ifade ederek bitki köklerinin hafif ve orta tekstürlü topraklara nüfuz edemediğini belirtmiştir. Çalışmanın sonucuna göre de kritik seviye değerinin (1,486 ve 1,466) kablo yönteminde olduğu görülmüştür. "b-bc" meşcere çağında %33< eğimde ise yöntemlerin hacim ağırlığı etkilemediği belirlemiştir. "c-cd" çağında ise sadece %20-33 eğim grubunda yöntemlerim hacim ağırlığı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. En yüksek hacim ağırlığı değerlerinin kablo yönteminde olduğu görülmektedir.

Üretim çalışmaları sonrası hacim farklı toprak derinliklerinde hacim ağırlıkları arttığı birçok çalışmada belirlenmiştir (Pennington, 2004; Okatan vd. 2011). En düşük değer ve en yüksek değer arasında yaklaşık 2 kat kadar fark bulunmuştur. "b-bc" meşcere çağında eğimin hacim ağırlığı değerleri üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Fakat "c-cd "meşcere çağında en düşük hacim ağırlığı değerlerinin %0-20 eğim grubunda en

yüksek hacim değerlerinin ise %20-33 eğim grubunda olduğu belirlenmiştir. Solgi ve ark (2015) eğim arttıkça hacim ağırlığının arttığını yaptıkları çalışmada belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise eğim ile hacim artışı farklı çağ sınıflarına göre farklılık göstermektedir. En yüksek değerin %33< eğim grubu üzerinde bulunmamasının sebebi ise eğimden dolayı tomruğun ucunun toprağı kaldırmasından kaynaklanmaktadır. Sonuçta toprakta bir sıkışma meydana gelmeyecek ve hacim ağırlığında da bir artma söz konusu olmayacaktır. Hacim ağırlığı değerlerinin genellikle 5'inci sefer tomruk geçişinde sonra daha fazla arttığı fakat 10'uncu sefer tomruk geçişi ile arasında farkın önemli olmadığı istatistiki analizler sonucunda belirlenmiştir. Espahbodi ve Eghtesadi (2019) en büyük hacim ağırlığı artışının sürütmenin ilk birkaç geçişi sırasında (1-5 geçişte) meydana geldiği tespit etmiştir.

Üretim faaliyetlerinin ve sürütme çalışmalarının topraktaki sıkışmayı artıracağından hacim ağırlığı değerleride artmaktadır (Ballard 2000; Ares vd. 2005). Makineci vd. 2007), hem kontrol noktalarında hem de çalışma sonrası noktalarda 5-10 cm toprak derinlik kademesinde elde edilen hacim ağırlığı değerlerinin 0-5 cm toprak derinlik kademesinden elde edilen değerlerin yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Eroğlu vd. (2016), traktörle kablo çekimi ve tomrukların insanlar tarafından sürütülmesi esnasında toprak yüzeyine uygulanan basınç toprakların sıkışmasına ve boşluk boyutlarının küçülmesine neden olarak permeabilite değerlerinin düşmesine, hacim ağırlığının artmasına neden olduğu ifade etmiştir. Yüksek ve Yüksek (2009) sürütme yolunda kontrol alanına ve üretim yapılan alana kıyasla hacim ağırlığı 0,90 gr/cm^{-3}' dan 1,52 gr/cm^{-3}'e yükseldiğini ifade etmiştir. Wiliam ve Nilsson (2000), skidder kullanarak bölmeden çıkarma işleminin yapılmasının hacim ağırlığının 0.17'i artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Venanzi vd. (2016) hacim ağırlığı değerlerinin ise iki alanda da anlamlı fark olduğu ve ortalama hacim ağırlığı değerlerinin müdahale görmüş alanlarda 0,820 ± 0,210 g/cm3 iken işlem görmemiş alanlarda 0,537 ± 0,110 g/cm3 olduğu tespit edilmiştir. Lee vd. (2020) makine kullanarak sürütme şeridi ve tali şeritler üzerinde yaptıkları sürütme çalışmalarında hacim ağırlığı değerlerinin kontrol şeridine kıyasla her iki yolda da %27–53 oranında arttığını belirlemiştir. Solgi vd. (2019), trafik yoğunluğunun sıkışmayı artırdığı ve sonuç olarak hacim ağırlığının eğimi fazla olan yamaçta 30 geçişten sonra sürütme izlerinde iki kata yakın artmasına neden olduğunu bildirmiştir. Missanjo vd. (2014), 0-20 cm toprak derinlik

kademesinde hacim ağırlığı, trafik şeritlerinin en fazla sıkışan kısımlarında 0,45'ten 0,66 Mg m^{-3}'e yükseldiğini belirtmiştir. Okatan vd. (2011),üretim çalışmalarında 0-20 cm ve 20–50 cm toprak derinlik kademesinde hacim ağırlığının sırasıyla %8 ve %12 arttığını tespit etmiştir. Pennington, (2004) Üretim çalışmalarının yapıldığı alandaki 0-30 cm toprak derinliğinde hacim ağırlığında önemli bir değişiklik olduğunu belirlemiştir. Bu çalışma sonucunda da toprak derinlik kademesine göre hacim ağırlığı değerlerinin arttığı fakat 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikte etkilerinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Solgi vd. (2015), farklı eğim gruplarına ve farklı geçiş sayılarına bağlı olarak yaptıkları sürütme çalışmalarının önemli değişimin genellikle 15. geçiş sonrası ve eğimin >%20 olduğu durumlarda görüldüğünü ifade etmiştir. Espahbodi ve Eghtesadi (2019) sürütme yollarındaki en büyük hacim ağırlığı artışının sürütmenin ilk birkaç geçişi sırasında (1-5 geçişte) meydana geldiğini tespit etmiştir. Çalışmasında 20-30 cm toprak derinlik kademesinde ki hacim ağırlığı değerlerinde ki artışın önemli seviyede olduğu belirlemiş ve yokuş yukarı sürütmenin (1/24 gr/cm^3) yokuş aşağı sürümeye (1/19 gr / cm^3) göre hacim ağırlığı değerlerini daha çok artırdığı belirlemiştir. Proto vd. (2016), ağır ormancılık makinelerinin toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki etkiyi belirlemek için iki farklı eğimde (<%20 ve >%20) ve 4 farklı geçiş sonrası (1, 5, 10 ve 15 geçiş) olmak üzere farklı kombinasyonları içeren uygulamlar yapmışlardır. Ayrıca, hacim ağırlığını ve toplam poroziteyi tekerlek izinden farklı mesafelerde değerlendirmişlerdir. Sonuçta yapılan toprak hacim ağırlığının trafik sıklığı ile arttığını, toprak porozitesinin ise azaldığını göstemiştir. Ayrıca, eğimin toprağın fiziksel özelliklerini etkilemedi ancak geçiş sayısı ile etkileşime girdiğinde toprağın toplam poroziteyi etkilediği belirlenmiştir. Kritik değerlerin <%20 eğimde ve 15 geçiş sonrası ve >%20 eğimde 6 geçiş sonrası elde edildiği belirlenmiştir. Toprakta hacim ağırlığının artması permabiliteyi azaltır ve sonuç olarak toprak ki bu değişiklikler ağaçların kök büyümesini sınırlayan önemli etkilere neden olur (Solgi vd., 2019; DeArmond 2019).

3.2.2 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Nemi (%) Değerleri

Çalışmada kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre 5-10 cm toprak derinlik kademesinin toprak nemi değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Her iki meşcere çağında da genel olarak uygulanan yöntemler sonucu toprak neminin azaldığı görülmektedir. %0-20 eğim grubunda toprak nemindeki en fazla azalmanın el vinci yöntemin olduğu göze çarpmaktadır. %20-33 eğim grubuna göre ise toprak nemindeki en fazla azalmanın kablo ve el vinci yönteminde olduğu belirlenmiştir. %33< eğim grubunda ise el vinci ve kablo yöntemlerinin hemen hemen aynı düzeyde toprak nem kaybına sebep olduğu görülmektedir. Fakat 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki azalmanın her iki yöntem için de daha fazla olduğu söylenebilir. Uygulanan yöntemler sonucu kontrol gruplarını göz önüne alarak toprak nem kaybının en fazla olduğu meşcere tipinin "c-cd" meşcere çağı ve %33< eğim grubundan olduğu söylenebilir. Bölmeden çıkarma sonucu toprak neminin azaldığı fakat toprak derinlik kademesi ve sefer sayılarının arasında önemli bir fark olmadığı görülmektedir.

Sürütme yollarında yaptığı üretim çalışmalarında müdahale görmüş alanlar ile görmemiş alandan alınan örnekler karşılaştırıldığında toprak sıkışmasının artmakta ve buna bağlı olarak toprak nem değerleri büyük ölçüde azalmaktadır (Croke, 2001; Demir vd., 2007). Makineci vd. (2007), nem içeriğinin değerlerinin sürütme yolunda %21,26, bozulmamış alandaki nem içeriği %27,22 olarak belirlemiştir.

3.2.3 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak pH Değerleri

Çalışma sonucunda genellikle 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre 5-10 cm toprak derinlik kademesinin pH değerlerinin daha yüksek olduğu Tablo 3.3'te görülmektedir. "c-cd" meşcere çağının "b-bc" meşcere çağına göre pH değerlerinin yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Genel olarak yöntemlerin pH değerlerini istatistiki olarak anlamlı düzeyde etkilemediğini söylenebilir. Yine toprak derinlik kademesi ve sefer sayılarının pH değerlerini anlamlı düzeyde değiştirmediği belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma çalışmalarında toprak özelliklerinden pH'ın etkilememekle birlikte çalışma

alanlarının eğimlerinin pH değerleri üzerinde önemli ölçüde etkili olmaktadır (Venanzi vd. 2016; Jourgholami, 2020). Naghdi vd. (2016) farklı eğim gruplarında ve geçiş sayılarında pH değerinin istatistiksel olarak önemli seviyede değişmediğini bildirmiştir. Bu çalışmada da pH değerleri uzun vadede değişen bir kimyasal özellik olduğu için üretim çalışmalarının hemen sonrası bir farklılık görülmemesi beklenen bir durumdur.

Toprak derinliği ile Ph'ın artması, yıkanma ile katyonların aşağı taşınmasından kaynaklanıyor olabilmektedir. Diğer etken ise organik madde ayrışması ile salınan asitlerin üst torprakta farklı olması mikroorganizmaların çok olan üst topraktadaki faaliyeti ile üretilen H_2CO_3 (karbonik asit) olabilir.

3.2.4 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre EC (Elektrik iletkenliği, µS/cm) Değerleri

Çalışmada genel olarak kontrol noktalarında "b-bc" meşcere çağının "c-cd" meşcere çağına göre EC değerlerinin daha düşük olduğu Tablo 3.4'te görülmektedir. Farklı eğim gruplarının toprak derinliklerinin ve sefer sayılarının EC değerlerini istatistiki olarak anlamdı düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. "b-bc" meşcere çağında uygulanan yöntemler sonucu EC değerlerinin kontrol grubuna kıyasla ya EC değerini değiştirmediği ya da arttırdığı gözlemlenmiştir. "c-cd" meşcere çağında ise genellikle yöntemlerin EC değerini etkilemediği görülmektedir.

Jourgholami vd. (2020) eğim sınıfları arasında EC değerlerinde önemli ölçüde farklı olmadığı belirlenmiştir. Demir vd. (2007) üretim çalışmalarının toprak üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapmış oldukları çalışmada elektrik iletkenliği değerlerini kontrol alanları ile müdahale görmüş ve görmemiş alanlar için 0-5 cm toprak derinlik kademesinde sırasıyla 86,57 µhos/cm, 88,35µhos/cm olarak belirlemiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise sırasıyla 60, 05 µhos/cm, 67,18 µhos/cm olarak tespit etmiş olup sonuç olarak müdahale görmüş ve görmemiş her iki derinliktede elektrik iletkenliğinde değerleri arasında bir fark olmadığını belirlemiştir.

3.2.5 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Madde (%) Değerleri

Çalışma sonucunda genellikle kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre 5-10 cm toprak derinlik kademesinin organik madde değerlerinin daha yüksek olduğu tabloda görülmektedir. "b-bc" meşcere çağının "c-cd" meşcere çağına göre organik madde miktarı değerlerinin daha düşük olduğu da ayrıca göze çarpmaktadır. "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda genellikle traktör ile askıda sürütme ve el vinci yönteminin organik madde miktarını değiştirmediği veya azalttığı, %20-33 eğim grubunda genellikle tüm yöntemlerin organik madde değerlerini artırdığı görülmektedir. %33< eğim grubunda ise uygulanan tüm yöntemlerin organik madde miktarını azalttığı tabloda görülmektedir. "c-cd" meşcere çağında genellikle yöntemlerin organik madde miktarını etkilemediği Tablo 3.5'de göze çarpmaktadır. Genellikle üretim çalışması sonrası 0-5 cm toprak derinlik kademesinin 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre organik madde miktarının daha fazla olduğu fakat istatistiki olarak aralarında toprak organik maddesi üzerinde fark olmadığı belirlenmiştir. Tomruk geçiş sayılarının da organik madde üzerinde bir etkisinin olmadığı tabloda göze çarpmaktadır.

Okatan vd. (2011), sürütme sırasında organik maddenin taşınabileceğini ve yüzey akışlarının meydana gelebileceğini ifade etmişlerdir. Eroğlu vd. (2016) zemin üzerinde sürütme yöntemi ile bölmeden çıkarma çalışması sonrası toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinde ki değişimi incelemiş organik madde içeriğinde önemli ölçüde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Venanzi vd. (2016) benzer bir çalışmada işlem görmüş alanlarda organik madde değerini %13,1 ± 1,6 olarak, işlem görmemiş alanlarda ise %19,2 ± 1,3 olarak belirlemiştir. Yüksek ve Yüksek (2009) sürütme çalışmaları sonucunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde toprak organik madde içeriğinin %4,77' den %1,65'e düştüğünü tespit etmiştir. Williamson ve Nilsson (2000), üretim çalışmalarının toprağın yüzey tabakasındaki organik maddelerin kaldırılmasına neden olduğunu belirtmiştir. Fakat organik madde miktarının 0-5 ve 5-10 cm derinlik arasında istatistik olarak önemli bir fark olmadığını ifade etmiştir. Naghdi vd. (2016), farklı eğim grubuna ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak organik madde değerinin %38 azaldığını belirlemiştir. Nazari vd. (2020) sürütme yolu üzerinde yaptıkları çalışmada

organik maddesinin yeniden sıkıştırma ile aktifleşmesi nedeniyle, 0-3 cm'de %10 ve 7-10 cm derinlikte yaklaşık %30 oranında önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

3.2.6 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kum (%) Değerleri

Kontrol grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinin ve 5-10 cm toprak derinlik kademesinin %kum oranı değerlerinin hemen hemen aynı olduğu tabloda görülmektedir. "b-bc" meşcere çağında genellikle traktör ile askıda sürütme yöntemi %kum değerlerini değiştirmez iken el vinci ve kablo yöntemi %kum değerlerini azaltmış olduğu göze çarpmaktadır. "c-cd" meşcere çağında ise genellikle yöntemlerin %kum değerlerini anlamlı düzeyde değiştirmediği söylenebilir.

3.2.7 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Kil (%) Değerleri

Genellikle 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre 5-10 cm toprak derinlik kademesinin %kil oranı değerlerinin daha yüksek olduğu Tablo 3.7'de görülmektedir. %0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme yönteminde tomruk izi %kil değerini artırırken %20-33 ve %33< eğim grubunda el vinci ve kablo yöntemi %kil oranını artırmaktadır. "c-cd" meşcere çağında genellikle %0-20 eğim grubunda genellikle yöntemlerin %kil oranını ya değiştirmediği ya da %kil oranını azalttığı göze çarpmaktadır. %20-33 eğim grubunda ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde %kil oranını artırdığı fakat 5-10 cm toprak derinlik kademesinde yöntemlerin %kil oranını değiştirmediği ya da azalttığı gözle görülmektedir. %33< eğim grubunda genellikle yöntemler sonucu %kil değerleri artmış olup en fazla artışın el vinci yöntemi sonucu meydana geldiği belirlenmiştir.

3.2.8 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toz (%) Değerleri

0-5 cm toprak derinlik kademesindeki %toz oranı ve 5-10 cm toprak derinlik kademesinin % toz oranı değerlerinin hemen hemen aynı tablodan anlaşılmaktadır. "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda yöntemlerin %toz oranı değiştirmediği

veya azalttığı göze çarpmaktadır. %20-33 eğim grubunda ise genellikle yöntemlerin %toz oranını artırdığı göze çarpmaktadır. %33< eğim grubunda ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde yöntemler arasında fark olmadığı fakat 5-10 cm toprak derinlik kademesinde el vinci yönteminin %toz oranını değiştirmeyip kablo yönteminin %toz oranını azalttığı belirlenmiştir. %0-20 eğim grubunda yöntemler sonucu %toz oranı genellikle ya değişmemiş veya %toz oranı artmış olup daha çok el vinci yönteminin %toz oranını artırdığı göze çarpmaktadır. %20-33 eğim grubunda 0-5 cm toprak derinlik kademesinde uygulanan yöntemler sonucunda %toz değerlerinin azaldığı fakat 5-10 cm toprak derinlik kademesinde %toz değerlerinin değişmediği dikkat çekmektedir. %33< eğim grubunda ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde el vincinin %toz oranının azaldığı fakat 5-10 cm toprak derinlik kademesinde el vincinde %toz değerinin arttığı göze çarpmaktadır.

3.2.9 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toplam Azot (%N) Değerleri

Çalışmada sonucunda kontrol noktalarındaki 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki %N değerlerinin 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre daha düşük olduğu Tablo 3.9 da görülmektedir. Her iki meşcere çağında da uygulanan yöntemler sonucu %N değerinin genellikle azaldığı ya da değişmediği görülmüştür. Eğim arttıkça b-bc meşcere çağında %N değerinde genellikle bir değişme olmadığı belirlenmiştir. Fakat "c-cd " meşcere çağında eğim arttıkça %N değerinin daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma çalışması sonrası %N değerinin azalmış fakat 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinlikleri ve sefer sayılarının %N değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Bölmeden çıkarma çalışmalarının toplam azot miktarına etkisi konusunda farklı sonuçlar içeren çalışmalar mevcuttur. Üretim çalışması sonucu toprakta sıkışmanın artmasından dolayı aerob toprak organizmalarının olumsuz etkilenerek diğer mikroorganizmaların faaliyetlerinin yavaşlamasından ve denitrifikasyonun artmasından dolayı toprakta azot miktarı azalmaktadır (Jacobson vd., 2000). Naghdi vd. (2016) farklı eğim grubuna ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak üretim çalışmalarının azot değerinin %57 azaldığı tespit etmiştir. Nazari vd. (2020) makine kullanarak 8 kez geçtikleri sürütme yollarında toplam azotu içeriğinin önemli düzeyde

değişmediğini belirtmiştir. Solgi vd. (2019) çalışmalarında trafik yoğunluğu ve eğimin ne kadar yüksek olursa N içeriği o kadar düşük olduğunu ifade etmişlerdir. N içeriğinde en belirgin azalma en dik eğim sınıfında ve 30 döngüden sonra meydana geldiğini belirtmişlerdir. >% 20'den eğim sınıfındaki müdahale görmeyen alanın %N değeri 0,28 bulunmuş olup bu değere kıyasla, 3, 8, 15 ve 30 sürütme döngüsündeki %N değerleri sırasıyla 0,198; 0,101; 0,034; 0,029 olarak analiz edilmiştir.

3.2.10 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Organik Karbon (%C) Değerleri

Çalışmada kontrol noktalarında 5-10 cm toprak derinlik kademesinin %C oranı değerlerinin 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre daha düşük olduğu tabloda görülmektedir. "b-bc" meşcere %0-20 eğim grubunda yöntemler sonucu %C değerlerinde bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. %20-33 eğim grubunda ise traktör ile askıda sürütme ve el vincinde bir değişikliği olmadığı fakat kablo yönteminde artışın olduğu göze çarpmaktadır. %33< eğim grubunda ise %C değerlerinde yöntemler sonucu azalmanın olduğu dikkat çekmekte olup en çok azalmanın kablo yöntemi sonucu meydana geldiği görülmektedir. "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda %C değerinin değişmediği veya azaldığı belirlenmiştir. En çok %C azalmasının ise el vinci yöntemi sonucu meydana geldiği göze çarpmaktadır. %20-33 eğim grubunda genellikle tüm yöntemlerin ya %C değerini değiştirmediği ve azalttığı belirlenmiştir. %33< eğim grubunda ise genellikle yöntemler arasında anlamlı bir fark bulunmamış olup sadece 0-5 cm toprak derinlik kademesinde el vincinin %C değerini azalttığı fakat kablo yönteminin %C değerini artırdığı göze çarpmaktadır. Bölmeden çıkarma sonucunda organik karbon miktarı azalmış fakat 0-5 ve 5-10 cm toprak derinlik kademesi ve sefer sayıları arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Bunun nedeni yıkanma (organik maddenin derin toprağa göçü) ve bu toprak derinliklerinin birbirine yakın olmasında kaynaklanabilmektedir.

Nasiri (2012), toprak yer değiştirme oluşumunun toprak veya orman zemini malzemelerinin ekipman ve kütükler tarafından oluşturulan mekanik hareketi olarak tanımlamıştır ve çalışmasında çeşitli yollarla gerçekleşen bu yer değiştirmenin organik madde değişimi üzerinde etkisini olduğunu ifade etmiştir. Yaptığı çalışma sonucu tüm örnek alanlarda, sürütme yolunun dışından toplanan toprak örneklerindeki organik

karbon yüzdesinin, sürütme yolu içinden toplanan toprak örneklerinden daha fazla olduğunu ifade etmiştir. İstatistiksel analiz sonucu sürütmenin farklı toprak derinlik kademesinde organik karbon yüzdesi (sürütme yolunun içinde ve dışında) önemli bir fark yarattığını belirtmiştir. Ayrıca, sürütme izi için ölçülen numunelerde toprak organik karbon yüzdesindeki değişiklikler yüksek, sürütme izi dışında düşük olduğu görülmüştür. Kara ve Bolat (2007), çalışmalarında organik karbon içeriğinin toprak sıkışması için çok önemli bir gösterge olduğunun altını çizmiştir. Demir vd. (2007) sürütme yolu ve müdahale görmemiş alanlar arasında her iki toprak derinliklerinde organik karbon oranları bakımından önemli bir fark görülmediğini ifade etmiştir. Nazari vd. (2020) makine kullanarak sürütme şeridi üzerinden 8 kez geçmiştir ve çalışma sonucunda organik karbon değerinin önemli ölçüde etkilenmediğini belirtmiştir. Naghdi vd. (2016) üretim işlerinde müdahale görmüş alan ile müdahale görmemiş alanlarda iki farklı eğim grubu için (<20 - ≥20) ve 3 makine geçişi (3-8-16) sonrası değişen toprak özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda müdahale görmüş alanların % C içeriğinin müdahale görmemiş alanlara kıyasla daha az olduğu belirlenmiştir. Müdahale görmemiş alanlarda eğimler arasında sırasıyla %6.5 ve %6.3 C içeriğine sahip olduğu ve %C bakımından aralarında bir fark olmadığı belirlenmiştir. Fakat müdahale sonrası sadece ≥ %20 eğim grubundaki bütün geçişlerde C içeriğinin önemli seviyede azaldığı fakat < % 20 eğim grubunda müdahale görmemiş alandaki C ile 3 geçiş arasında anlamlı bir değişme olmadığı belirlenmiştir. Kısaca organik karbondaki azalmanın, düşük (üç geçiş), orta (sekiz geçiş) ve yüksek trafikli (16 geçiş) sürütme yollarında yaklaşık % 29, 40 ve %54 oranında olduğu açıklanmaktadır. Solgi vd. (2019) benzer çalışmasında 2 farklı eğimde (%<20-%>20) 4 farklı geçiş sonrası (3, 8, 15, 30) topraktaki organik karbon miktarının azaldığını ifade ederek kontrol noktalarında farklı eğim gruplarında organik madde miktarı arasında bir fark olmadığını belirtmiştir. Çalışma sonunda her iki eğim grubunda da 8. geçiş sonrasında kontrol noktaları ile aralarında önemli bir etkinin görülmeye başladığı belirlenmiştir. Jaafari ve ark. (2014) benzer çalışmada düşük, orta ve yüksek trafik yoğunluklu sürütme yollarında sırasıyla %34, %50 ve %64'lük organik karbon azalmalarının olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmaların çoğunda genellikle daha fazla geçiş sayısı ve ayrıca artan eğimin etkisi ile %C değerinde bir fark ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada da bölmeden çıkarma çalışmalarında tomruk geçiş sayısının daha az olmasının %C içeriğini değiştirmemiş olabileceği düşünülmektedir.

3.2.11 Meşcere Özellikleri ve Bölmeden Çıkarma Yöntemlerine Göre Toprak Sıkışması (MPa) Değerleri

Çalışma sonucunda "b –bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda kontrol grubu ile traktör ile askıda sürütme yöntemi arasında fark yok iken el vinci yöntemi ayrı bir homojen grup oluşturarak en fazla sıkışmanın meydana geldiği yöntem olmuştur. Fakat "c-cd" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda kontrol grubuna kıyasla traktör ile askıda sürütme ve el vinci yöntemleri toprak sıkışmasını artırmıştır. Bu durum "c-cd" meşcere çağındaki sürütülen tomrukları çaplarının kalın olması sebebiyle tüm yöntemlerin meşcere çağında daha etkili olmasını çalışma kapsamında desteklemektedir. Uygulanan tüm yöntemler sonucunda her iki meşcere için %0-20 eğim grubunda her iki derinlik kademesinde toprak sıkışması artmıştır. Yine her iki meşcere çağı için % 20-33 eğim grubunda ve 0-5 cm toprak derinlik kademesinde elde edilen değerlerin genellikle kontrol grubuna göre toprak sıkışıklığını daha yüksek olduğu tablo da görülmektedir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinin ise genellikle sıkışıklığı etkilemediği dikkat çekicidir. %33< eğim grubunda ise yöntemler arasında bir fark bulunmamış veya toprak sıkışması azalmıştır. Bunun sebebi olarak yüksek eğimden ve kullanılan yöntemden kaynaklı sürütme ile beraber toprağın yerinde kalkarak yer değiştirmesi olduğu söylenebilir. Traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme yöntemlerinde her iki derinlikte de toprak sıkışmasının arttığı ve 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre sıkışmanın daha az olduğu tabloda görülmekte olup fakat istatistiki anlamda aralarında bir fark olmadığı belirlenmiştir. Kablo yönteminde ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre sıkışmanın daha az olduğu tabloda görülmekte olup aralarında istatistiki bir fark olduğu tespit edilmiştir. Traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme yöntemlerinde her iki sefer sayısında kontrol noktasına göre toprak sıkışmasının arttığı fakat 5'inci sefer ve 10'uncu sefer arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Kablo ile çekim yönteminde ise bazı noktalarda toprağı sıkışmayıp aksine sıkışıklığın azaldığı ortaya çıkmış olup sefer sayısının artmasıyla toprak sıkışmasında artmanın meydana geldiği belirlenmiştir.

Bozulmamış toprak mukavemetinin direnç değeri 10 cm kadarı yaklaşık 0,835 MPa'dır (Akay vd., 2007b). Payá vd. (2019), yaptıkları çalışmada Brezilya'da Pinus

taeda (Güney sarıçamı) meşcerelerinde üretim çalışmaları için kullanılan skidder tarafından trafik yoğunluklarının neden olduğu toprak sıkışmasını değerlendirmiştir. Sıkışma, toprak yoğunluğu, toplam gözeneklilik, mikro gözeneklilik ve makro gözeneklilik ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, makine trafiğinin yüzeysel toprak tabakalarında daha yüksek sıkıştırmaya neden olduğunu ve bunun sonucunda makine trafiğine maruz kalmayan toprağa kıyasla toprak yoğunluğunda %14,6 artış sağladığını göstermiştir. Kullanılan skidder traktörün trafik yoğunluğundaki artış, 0-10 ve 10-20 cm toprak derinliklerde makroporoziteyi sırasıyla %62,5 ve %53,8 azaltmıştır. Missanjo ve Kamanga-Thole., (2014) çalışma sonucunda sıkışan alanların çoğunlukla araç trafiğinden kaynaklı etkilendiğini belirterek trafik şeritlerindeki toprak mukavemeti 60 cm derinliğe kadar artmış ve en son olarak 1200 kPa'a ulaştığını ifade etmiştir. Okatan vd. (2011), araştırma sonucunda sürütme faaliyetleri sonucunda faaliyetlerinden sonra, toprak sıkışması 86 kP'dan 127 kPa'a yükselmiştir. Solgi vd., (2019) trafik sayısı arttıkça sıkışmanın da arttığını belirtmiştir. Fakat bu sonuca eğimi fazla olan yamaçta ve 30 geçişten sonra sürütme izlerinde meydana geldiğini ifade etmiştir. Solgi vd., (2015) trafik yoğunluğu ve eğim arttıkça hacim ağırlığı değerinin arttığı ve tekerlek izinin etkisi artarken toprak örtüsünün azaldığı belirlenmiştir. 10'uncu geçiş sonrası tekerlek izinin oluşmaya başladığı görülmüştür. %20 eğimli sürütme yollarında sıkışmanın ve ölü örtü miktarının ciddi boyutta arttığı tespit edilmiştir. Agherkakli vd., (2010) %20'yi aşan yamaçlarda toprak sıkışmasında ve tekerlek iz oluşumlarında artış olduğunu bildirmiştir. Türk (2011) sürütme şeridinden alınan 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki örneklerin ortalama toprak sıkışıklığı değerleri karşılaştırıldığında 5-10 cm derinliğindeki sıkışıklık değeri 0-5 cm toprak derinlik kademesindekine göre yaklaşık 1,5 kat daha fazla bulunmuştur. Kontrol noktalarında ise 5-10 cm derinliğindeki sıkışıklık değeri, 0-5 cm derinliğindeki sıkışıklık değerine göre yine benzer şekilde yaklaşık 1,5 kat daha fazla bulunmuştur. Varol vd., (2020) sürütme yapılmadan önceki üst toprak sıkışma değerinin diğer derinliklere göre 2,5-3 kat daha düşük olduğunu belirlemiştir. Yapılan istatistik sonucuna göre 60. geçişe kadar geçiş sayısının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu belirlemiştir. Sürütme sonrası sıkışma değerlerinin 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 3 kat arttığını belirtmiştir. Demir vd. (2007a, b); Makineci vd. (2007a, b) sürütme sonrası 5-10 cm toprak derinlik kademesinin önemli ölçüde sıkıştığını, 0-5 cm toprak derinlik kademesin de ise bu

sıkışmanın biraz daha az olduğu belirtilmiştir. Öztürk (2016) Türkiye'de çam plantasyonlarında, lastik tekerlekli traktörün sürütme yolunda neden olduğu toprak sıkışması ve tekerlek izi derecesini araştırmıştır. Sürütme işlemlerini 4., 8., 12., 16. ve 20. geçiş olarak planlamış ve çalışma sonucunda bu uygulamaya göre sürütme operasyonları sırasında toprağın derinliğinde ve toprak sıkışmasında değişiklikler olduğunu belirtmiştir. İlk dört geçişte toprak sıkışmasının daha fazla gerçekleştiğini ifade ederek sürütme yolunun merkezinde 20. geçiş sonrası ortalama toprak sıkışma değeri 0,97 kN / cm² iken bozulmamış orman alanında bu değer 0,54 kN / cm² olarak tespit etmiştir. Fakat tekerlek izi derinliğinin 4., 8., 12., 16. ve 20. geçişlerden sonra daha belirginleştiğini ifade etmiştir. Venanzi vd., (2016) kestane meşcerelerinde (*Castanea sativa* Mill.) silvikültürel müdahalelerin ve bölmeden çıkarma faaliyetlerinin faaliyetleri sonucu sıkışma değerlerinin ise müdahale görmüş alanlarda ortala değerin 0,276 ± 0,090 MPa olduğu işlem görmemiş alanlarda ise 0,069 ± 0,012 MPa olduğu tespit edilmiştir. William ve Nilsson (2000), toprak sıkışmasının yüzde 62'si, toprağın ilk 10 cm'sinde ve makinenin ağırlığı nedeniyle ilk trafikte meydana geldiğini ifade etmiştir.

Bölmeden çıkarma çalışmaları ve üretim işleri sonucunda meydana gelen toprak bozulmasının önde gelen nedenlerinden biri toprak sıkışmasıdır. Üst horizonu genellikle biyolojik olarak aktif ve yumuşak humusça zengin bir özelliğe sahip olan orman toprakları özellikle sıkışmaya yatkındır (Brais, 2001; Williamson ve Neilsen 2003; Horn vd., 2007; Naghdi vd., 2016). Toprak sıkışması özellikle toprağın hacim ağırlığının artmasına, porozite ve mikroorganizma faaliyetlerini azalmasına sebep olarak birçok çevre problemine yol açmaktadır.

3.2.12 Entropi-TOPSIS Hibrit Metodu İle En İdeal Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesi

Nilsson (2016), İsveç'te yapmış olduğu çalışmada iki ÇKKV yönteminin kombinasyonunun, birden fazla hedefi ve birkaç paydaşı olan bir durumda çok sayıda stratejik orman yönetim planının değerlendirilmesini kolaylaştırabildiğini test etmiştir. Çalışmasında paydaş tercihlerine dayalı hedeflerin ağırlıklarını belirlemek için Analitik Hiyerarşi Sürecini (AHP), ve genel bir alternatif sıralama üretmek için İdeal

Çözüme Benzerlik ile Sıralama Tercihi Tekniği olan TOPSIS'i kullanmıştır. Sonuç olarak bu yöntemlerin tüm paydaşlar için en uygun planın belirlenmesi olasılığını arttırdığını ifade etmiştir. Bu çalışmada TOPSIS ile Entropi kombine edilmiş olup Nilsson kriterlerin ağırlık belirlemesinde öznel metot olan AHP kullanırken çalışmamızda objektif yaklaşımlar ortaya koyan Entropi kullanılmıştır.

Çalışkan vd. (2019), orman yolu güzergâhı tespiti, bir dizi değişkenin aynı anda analiz edilmesi gereken karmaşık ve orman yolu projeleri için en önemli süreçlerden biri olduğunu ifade etmiştir. Karadeniz bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında orman yolu güzergâhlarında etkili olan faktörleri öncelikle tespit ederek her faktörün etkilerini ağırlıklandırma katsayısı olarak belirlemiş ve bir bütün olarak değerlendirip ve analiz etmiştir. Bu uygulama için, TOPSIS ile beraber 5 farklı ÇKKV yöntemlerini kullanmıştır. Analizler sonucunda beş farklı güzergâh bulunmuş ve bu rotalar hem mevcut yolla hem de birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada ise orman yolları değerlendirilmeyip sürütme yollarının toprağa verdiği zararlara yoğunlaşılmıştır. Çalışkanın çalışmasında en kısa yolla nakliyat optimze edilirken bu çalışmada sürütme yollarının toprağa verdiği zararı optimize eden yöntem belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında üç farklı bölmeden çıkarma yönteminin iki farklı toprak derinlik kademesinde toprakta meydan getirdiği fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiklikleri meşcere çağı, arazi eğimi ve sürütme yoğunluğu faktörlerine göre değerlendirilerek farklı üretim alanlarında uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Odun hammaddesi üretim çalışmalarında kullanılan bazı bölmeden çıkarma yöntemlerinin (traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci ile sürütme) farklı arazi özelliklerine (eğim (%0-20, %20-33, %33<), meşcere çağına (b-bc, c-cd)), ve sefer sayısına (5'inci sefer tomruk geçişi, 10'uncu sefer tomruk geçişi) bağlı olarak iki ayrı toprak derinlik kademesine (0-5 cm, 5-10 cm) 11 toprak özelliği (hacim ağırlığı, toprak nemi, pH, EC, %kum, %toz, %kil, organik madde, %N, %C, toprak sıkışması) üzerinde meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Çalışma Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Samatlar İşletme Müdürlüğü, Aksudere İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan ve yukarda belirtilen farklı meşcere özelliklerini kapsayan bölmelerde gerçekleştirilmiştir. Batı Karadenizde yaygın ağaç türünün karaçam olduğu bilinmekte olup seçilen bölmelerin meşcere tipi sırasıyla Çkbc3 (64 nolu bölme), Çkb3 (112 nolu bölme), Çkcd2 (130 nolu bölme), Çkc3 (27 nolu bölme), Çkd1 (72 nolu bölme), Çkbc2 (130 nolu bölme) meşcereleridir.

Çalışma bölmeden çıkarma çalışmaları yöntemlerin çalışma prensiplerine uygun eğim gruplarına sahip 6 farklı alanda 2017-2018 yılında üretime konu olan meşcelerde gerçekleştirilmiştir. % 0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme yöntemi ve el vinci yöntemi, % 20-33 eğim grubunda traktörle ile askıda sürütme yöntemi, traktör ile kablo çekimi yöntemi, el vinci yöntemi, %33< eğim grubunda traktörle kablo çekimi ve el vinci ile sürütme yöntemleri uygulanmış ve istatistiksel değerlendirmeler yapılarak bölmeden çıkarma yöntemlerinin belirtilen faktörlere bağlı olarak toprakta meydana getirdiği değişimin değerlendirilmeleri ve karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre;

- Hacim ağırlığı değerleri incelendiğinde; kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesinde elde edilen değerlerin 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki değerlerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sonrasında hacim ağırlığı değerlerinin arttığı ve kısmen de değişmediği tespit edilmiştir. 5'inci sefer ve 10'uncu sefer hacim ağırlığı değerlerinde istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.
- Toprak nemi değerlerine bakıldığında kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki toprak nemi değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma yöntemleri sonucu ise toprak nemi değerlerinin azaldığı fakat toprak derinlik kademesi ve sefer sayılarının arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir.
- pH değerinin kontrol alanlarında 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sonucunda ise yöntemler arasında pH değerlerinin istatistiki olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca toprak derinliklerinin ve sefer sayılarının pH üzerinde etkili olmadığı analizler sonucunda görülmüştür.
- Elektrik iletkenliği değerleri incelendiğinde bölmeden çıkarma yöntemlerinin eğim grupları, toprak derinlikleri ve sefer sayılarının EC değerleri üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir.
- Organik madde değerlerinin genellikle kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesinde 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölmeden çıkarma çalışmalarından sonra toprak derinliklerinin ve sefer sayılarının organik madde üzerinde önemli etkisinin olmadığı belirlenmiştir.
- Kontrol noktalarının %N değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre daha düşük olduğu tabloda görülmektedir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sonrası %N değerleri azalmıştır. Fakat toprak derinlikleri ve sefer sayılarının arasında % N değeri üzerinde önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

- Kontrol noktalarında %C oranı değerlerinin 5-10 cm toprak derinlik kademesinde 0-5 cm toprak derinlik kademesine göre daha düşük olduğu tabloda görülmektedir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sonucunda %C miktarı azalmış fakat toprak derinlik kademesi ve sefer sayıları arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir.
- Sıkışma değerlerinin kontrol noktalarında 0-5 cm toprak derinlik kademesinnin 5-10 cm toprak derinlik kademesine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Genellikle, her iki meşcere çağında ve 0-5 cm toprak derinlik kademesinde traktör ile askıda sürütme ve el vinci ile sürütme uygulamaları sonucunda sıkışmanın arttığı belirlenmiştir. 5-10 cm toprak derinlik kademesinin ise genellikle sıkışıklığı etkilemediği belirlenmiştir. Sefer sayılarının sıkışmayı etkilediği belirlenmiş olup fakat aralarında anlamlı fark olmadığı ortaya konmuştur. Kablo yönteminde ise bazı durumlarda sıkışmanın azaldığı ve değişmediği belirlenmiş olup bununla birlikte sıkışmanın arttığı durumlarda sefer sayıları ve derinliğin etkili olduğu belirlenmiştir. %N, %C ve toprak nemi değerleri derinlik ve sefer sayıları arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Çalışmada yapılan istatistik analizler sonucunda bölmeden çıkarma çalışmalarında etkili olduğu ortaya konulan faktörler (eğim, meşcere çağı, sürütülen ürün miktarı) ile toprak özellikleri bakımından aralarında ilişki olduğu değişkenler dikkate alınarak alt toprak ve üst toprak için ayrı ayrı PCA analizi yapılmıştır. Bu analizde 6 farklı alan için toprak kalitesi açısından önemli olan bazı toprak özellikleri üzerinde (organik madde, hacim ağırlığı, %C, %N ve sıkışma) meydana getirdiği değişimi minimize eden bölmeden çıkarma yöntemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun sonucunda üst toprak için bölmeden çıkarma yöntemlerinin genellikle üzerinde oldukça etkili olduğu sıkışma kriteri olduğu belirlenmiştir. Sıkışma üzerinde minimum değişim gösteren yöntemlerin "c-cd" meşcere çağında ve %33< eğim grubunda el vinci ve kablo ile çekim yönteminin olduğu söylenebilir. "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda ise bu minium değişim traktör ile askıda sürütme uygulanmasında belirlenmiştir. Organik madde, %C, %N'un azalmasını ve hacim ağırlığı, toprak sıkışmasının artmasını minimum değiştiren yöntemler ise "c-cd" meşcere çağı ve %0-

20 eğim grubunda uygulanan el vinci ve traktör ile askıda sürütme uygulamaları olmuştur.

Alt toprak için ise sıkışma değerini minimum değiştiren "c-cd" meşcere çağında %33< eğim grubunda uygulanan kablo yöntemi en tavsiye edilebilir yöntem olmuştur. %N değerini minumum değiştiren yöntemin "b-bc" meşcere çağında %20-33 eğim grubunda uygulanan el vinci yönteminin olduğu ortaya konmuştur. %C değeri için ise en tavsiye edilir yöntem "b-bc" meşcere çağında %0-20 eğim grubunda yine uygulanan el vinci yöntemi olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın toprak zararı açısından nihai sonucuna ÇKKV yöntemleri kullanılarak ulaşılmıştır. Çözüm aşamasında 8 adet traktör ile askıda sürütme, 8 adet traktör ile kablo çekimi ve 12 adet el vinci ile sürütme yöntemi için toplamda 28 adet bölmeden çıkarma alternatifi değerlendirilmiştir. En ideal bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesi aşamasında ÇKKV yöntemlerinden olan entropi ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın entropi sonucuna göre üst toprakta ilk sırada %N (0,33808), ikinci sırada toprak sıkışması (0,29750) ve sırasıyla %C (0,22569), hacim ağırlığı (0,06963), organik madde (0,06911) gelmektedir. Alt toprak entropi sonuçlarına bakıldığında ise ilk sırada toprak sıkışmasının (0,30256), ikinci sırada% C değerinin (0,29315) ve sırasıyla onu % N (0,27912), organik madde (0,103), hacim ağırlığının (0,02221) takip ettiği belirlenmiştir. TOPSIS yönteminin sonuçları kriterlerin ağırlığına göre değişmektedir. Bu nedenle objektif değerlendirmeyi temel olan entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu ağırlık değerleri TOPSIS yöntemi çözüm sürecine dahil edilerek bölmeden çıkarma yöntemlerinin performansları sırası ile üst toprak ve alt toprağa göre değerlendirilerek (Tablo 3.33, Tablo 3.34) meşcere çağı ve eğim faktörlerine göre toprak derinlik kademesine bağlı olarak en uygun bölmeden çıkarma yöntemleri Tablo 4.1'de nihai tablo olarak verilmiştir.

Tablo 4.1 Meşcere çağı ve eğim faktörlerine göre toprak derinlik kademesine bağlı olarak en uygun bölmeden çıkarma yöntemleri

Toprak derinlik kademesi	**Meşcere çağları**	**Eğim grupları**	**En uygun bölmeden çıkarma yöntemleri**
Üst toprak (0-5 cm)	b-bc meşcere çağı	%0-20	Traktör ile askıda sürütme
		%20-33	Traktör ile askıda sürütme
		%33<	El vinci ile sürütme
	c-cd meşcere çağı	%0-20	El vinci ile sürütme
		%20-33	Kablo ile sürütme
		%33<	El vinci ile sürütme
Alt toprak(5-10 cm)	b-bc meşcere çağı	%0-20	Traktör ile askıda sürütme
		%20-33	El vinci ile sürütme
		%33<	El vinci ile sürütme
	c-cd meşcere çağı	%0-20	Traktör ile askıda sürütme
		%20-33	Kablo ile sürütme
		%33<	El vinci ile sürütme

Tablo 4.1 incelendiğinde %0-20 eğim grubunda "b-bc" meşcere çağında ve her iki toprak derinlik kademesinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile askıda sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir. %0-20 eğim grubunda "c-cd" meşcere çağında üst toprak için en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme olduğu ortaya konmuşken 5-10 cm toprak derinlik kademesinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile askıda sürütme yönteminin olduğu belirlenmiştir.

%20-33 eğim grubunda "b-bc" meşcere çağında 0-5 cm toprak derinlik kademesinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile askıda sürütme olduğu fakat 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yöntemi olduğu belirlenmiştir. "c-cd" meşcere çağında ise her iki toprak derinlik kademesinde de traktör ile kablo çekimi yönteminin en tavsiye edilir bölmeden çıkarma yöntemi olduğu ortaya konmuştur.

%33< eğim grubunda, her iki meşcere çağında, her iki toprak derinlik kademesinde en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme yönteminin olduğu yapılan analizler sonucu ortaya konmuştur.

TOPSIS sonucu elde edilen sonuçlardan en ideal yöntem belirlenirken eğimin önemli bir faktör olduğu dikkat çekmektedir. Genellikle %0-20 eğim grubunda traktör ile askıda sürütme en ideal bölmeden çıkarma yöntemi olarak seçilmiştir. %20-33 eğim grubunda meşcere çağı ve toprak derinlik kademesine göre üç yönteminde kullanılabilirliği değişkenlik gösterirken, %33< eğim gruplarında el vinci ile sürütme yönteminin en ideal bölmeden çıkarma yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Bölmeden çıkarma faaliyetlerinin planlanması ya da kullanılacak bölmeden yönteminin tekniğine karar verirken dikkate alınması gereken ana parametreler arazinin eğimi, meşcere çağı, sürütülen ürün miktarıdır. Ülkemizde daha önceki çalışmalarda bölmeden çıkarma yöntemlerinin toprağa vermiş olduğu zararlar daha genel olarak incelenmiştir. Bu çalışma ile beraber 3 bölmeden çıkarma tekniğinin farklı koşullara sahip (meşcere çağı, eğim, toprak ve sefer sayısı) alanlarda orman toprağı üzerine olan etkileri kıyaslanarak ayrıntılı bir şekilde araştırılmıştır.

Ülkemizde ormancılıkta araziye uygun bölmeden çıkarma yöntemlerinin belirlenmesinde genelde sadece eğim faktörü dikkate alınarak yapılmakta olup çalışmalarda eğimle birlikte diğer faktörlerinde (meşcere çağı, ürün miktarı, sürütülen ürün miktarı vb) sebep olduğu çevresel etkiler göz ardı edilmiştir. Bu çalışmada traktör ile askıda sürütme, traktör ile kablo çekimi ve el vinci yöntemi ile sürütme yöntemleri kullanılarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında bazı toprak özelliklerinde meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir. Bu çalışma benzer konuda ileride yapılacak olan çalışmalara ışık tutacaktır.

Genel olarak ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmalarının daha teknik, dikkatli ve özenli planlanması; zaman kaybını önleme, çevreye ve odun ürününe verilen zararları minimuma indirme bakımından oldukça önemli olmasının yanısıra çevreye verilen zararların azaltılması konusunda da oldukça etkilidir. Bu nedenle çalışmada, hassas ormancılık yaklaşımında da olduğu gibi sahaya özel uygun tekniklerin ve araçların kullanılması ile ekosisteme verilen zararların en aza indirilebilmesi açısından bölmeden çıkarma yöntemlerinin orman toprağı üzerindeki etkileri ele alınmıştır.

Zarar görmüş toprak sistemi, orman verimliliğini etkileyerek ekosistem üzerinde uzun süreli ve belki de geri döndürülemez hasarlara sebep olabilmektedir. Özellikle ormanlarda zemin üzerinde sürütme çalışmaları, sürütme yolundaki orman örtüsünde ciddi kayıplar oluşturarak toprak özelliklerinde büyük ölçüde değişimlere neden olabilmektedir. Genellikle sürütme yapmanın en belirgin sonucu olan toprak sıkışması toprakların su ve hava miktarları üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Toprak sıkışması ile beraber genellikle hacim ağırlığının ve toprak mukavemetinni artması, hava dolu gözenekliliğin-sızma oranının-hidrolik iletkenliğin azalması genellikle ağaçların yenilenmesini ve büyümesini geciktirmektedir. Yine zemin üzerinde sürütmeden kaynaklı olarak toprağın üst kısımlarında meydana gelen yarılmalar sonucu organik madde, organik karbon ve toplam azot gibi besin elementlerinin ortamdan uzaklaşması toprağın fakirleşmesine neden olmaktadır. Ayrıca toprağın biyolojik yapısında etkin rol oynayan mikroorganizmalarda bu süreçten etkilenerek zarar görmektedirler.

Çalışmada elde edilen gözlem ve değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki bazı öneriler bundan sonraki yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayabilecektir:

- Bölmeden çıkarma çalışmaları yapılan sürütme yolları üzerinde, toprağın daha fazla tahribat görerek verimsizleşmemesi için uzunca bir süre sürütme çalışmaları yapılmamalıdır ve bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu sürütme yollarında tekrar yapılacak faaliyetler için bu süre araştırılabilir.
- Sürütme yapılan yollara dal, ölü örtü gibi organik maddece zengin üretim artıkları serilmesi toprağın verimli kısmı olan üst tabakasının kaybolmaması bakımından yararlı olacaktır.
- Toprak deformasyonuna ve sıkışmaya neden olan bölmeden çıkarma çalışmalarının ağaç büyümesi üzerindeki etkileri, ağaç boyu ve çapı gibi unsurlar dikkate alınarak araştırılabilir.
- Orman kaynaklarının yönetimi oldukça karmaşık bir sistemdir. Dolayısıyla biyolojik, ekolojik ve teknik açıdan daha etkin ve daha anlamlı kararlar verebilmek için ormancılıkta ÇKKV yöntemlerinin uygulamaya konulması ve kullanılması ile daha akıllıca sonuçlar ortaya çıkarabilecektir.

- Yapılan küçük ölçekli bu uygulama ile bölmeden çıkarma çalışmalarının her arazi özelliğinde uygulanarak sahaya özgü en uygun yöntemin belirlenmesi ile önemli çıktılar elde edilmiştir. Bu küçük ölçekli uygulamaların yaygınlaştırılması ile ekosistem üzerinde direk etkisi olan toprak kalitesine en az zarar verecek uygun transport planlarının hazırlanmasına ve uygulamaya konulmasına imkân verilmelidir.
- Bu çalışma arazi özelliklerine göre çevreye en az seviyede zarar veren en uygun bölmeden çıkarma şeklinin belirlenmesi konusunda ülkemiz ormancılık çalışmaları için faydalınabilir sonuçlar ortaya koymuştur. Fakat bölmelerde eğim değerleri ve meşcere çağlarının değişiklik göstermesine rağmen amenajman planlarında genellikle bölme bazında eğim değerleri, ortalama eğim değerleri dikkate alınarak belirlenir. Dolayısı ile ortalama eğimleri dikkate alarak en ideal bölmeden çıkarma yöntemlerinin belirlenmesi konusunda verimli sonuçlar elde edilemeyebilir. Bu bağlamda LIDAR gibi bilgisayar destekli karar verme metotları kullanarak bu alanların çeşitli özellikleri belirlenip her farklı arazi özelliği için en ideal bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması mümkün olabilecektir.

- Ormancılıkta sürdürülebilirlik ilkesinin temelini oluşturan silvikültürel müdahalalerin çevreye zararlı etkisini en az düzeye indirme yaklaşımı farklı meşcere kuruluşlarına uygun bölmeden çıkarma yöntemlerinin ortaya konabilmesi içinde yol gösterici bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın, bölmeden çıkarma faaliyetlerinin çeşitli toprakta özellikleri üzerinde meydan getirdiği değişikliklerin toprak derinliğini ve sefer sayısını bağlı olarak en optimum yöntemin belirlenmesi konusunda yetersiz olduğu düşünülen literatüre katkı sağlaması ve primer transport planları yapılırken bu faktörleri gözerek uygulamalarıb gerçekleştirilmesi konusunda yol gösterici olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Abalı, Y., A., Kutlu, B. S., & Eren, T. (2012). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile bursiyer seçimi: Bir öğretim kurumunda uygulama. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(3-4), 259-272.

Acar, H.H., & Erdaş, O. (1992). Artvin Yöresinde Uzun Mesafeli Vinçli Hava Hatları ile Orman Yolları Alternatiflerinin Bölmeden Çıkarma Açısından Kıyaslanması, TÜBİTAK Doğa Dergisi,16; 549-558.

Acar, H.H., (1994). Ormancılıkta Transport Planları ve Daglık Arazide Orman Transport Planlarının Olusturulması, Yayınlanmamıs Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 150 s., Trabzon.

Acar, H. H., (1998). Transport Tekniği ve Tesisleri. KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 56, Trabzon, 235 s.

Acar, H. H., & Ünver, S. (2004). Odun Hammaddesi Üretiminde Teknik ve Çevresel Açıdan Zararların Tespiti İle Çözüm Önerileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *6*(6), 165-173. Bilimleri Enst. Yay. No: 8, İstanbul.

Acar, H.H., (2004). Ormandan İnsanlığın Hizmetine; ince Çaplı Odunların Plastik Oluklar içinde Önce Kayarak Sonra Uçarak Orman Yoluna Dogru Hızlı Seyahatleri, Orman Mühendisligi Dergisi, 41, 10-11-12, 22-24, Ankara

Acar, H.H. (2004) Transport Tekniği ve Tesisleri Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No:78, Trabzon, 268 s.

Aedo-Ortiz, M.D., E.D. Olsen & L.D. Kellogg. (1997).Simulating a harvester forwarder softwood thinning.Forest Products Society, Forest Product J., 47: 36-41.

Agherkakli, B., Najafi, A.,& Sadeghi, S. (2010). Ground based operation effects on soil disturbance by steel tracked skidder in a steep slope of forest. J. For. Sci. 56, 278–284.

Alameda, D., & Villar, R. (2009). Moderate soil compaction: implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plant species. *Soil and Tillage Research*, *103*(2), 325-331.

Albayrak, A. S. (2006). Uygulamalı Çok Değişkenli Ðstatistik Yöntemleri. Ankara: Asil Yayınları.

Alkan, Ö. (2008). Temel Bileşenler Analizi ve Bir Uygulama Örneği. *Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 125s*.

Akay, A., & Sessions, J. (2001). Minimizing road construction plus forwarding costs under a constraint of soil disturbance. In: Proceedings of the International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, Dec. 10–13, Seattle, WA. pp. 61–70.

Akay, A. E., Erdas, O., & Sessions, J. (2004). Determining productivity of mechanized harvesting machines. Journal of applied Sciences, 4(1), 100-105.

Akay, A.E., Sessions, J., Aruga, K. (2007a). Designing a Forwarder Operation Considering Tolerable Soil Disturbance and Minimum Total Cost. Journal of Terramechanics. 44(2): 187-195.

Akay, A.E., Yuksel, A., Reis, M.,& Tutus, A. (2007b). The Impacts of Ground-based Logging Equipment on Forest Soil. Polish Journal of Environmental Studies. 16(3): 371- 376.

Akay, A. E., Sert, M., & Gülci, N. (2014). Hafif eğimli arazilerde benzinli el vinci ile bölmeden çıkarma çalışmalarının verim açısından değerlendirilmesi. II. *Ulusal Orman ve Çevre Sempozyumu (22-24 Ekim 2014), Isparta*.

Akçakanat, Ö., Eren, H., Aksoy, E., & Ömürbek, V. (2017). Bankacılık Sektöründe Entropi ve Waspas Yöntemleri ile Performans Değerlendirmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22(2), 285-300.

Allman, M., Jankovský, M., Messingerová, V., Allmanová, Z.,& Ferenˇcík, M.(2015) Soil compaction of various Central European forest soils caused by traffic of forestry machines with various chassis. For. Syst. 2015, 24, 1–10.

Albayrak, Y. E. (2004). Hizmet Sektöründe Performans Odaklı Çok Amaçlı Karar Verme: Banka Performans Ölçümünde Analitik Hiyerarşi Süreci Uygulaması. *Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

Albayrak, A. S. (2006). Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri (1. Baskı). Ankara: Asil Yayın Dağıtım.

Alp, İ., Öztel, A. & Köse, M. S. (2015) "Entropi Tabanlı Maut Yöntemi ile Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı Ölçümü: Bir Vaka Çalışması", Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11 (2): 65-81.

Ampoorter, E., De Frenne, P., Hermy, M.,& Verheyen, K. (2011). Effects of soil compaction on growth and survival of tree saplings: A meta-analysis. Basic Appl. Ecol. 2011, 12, 394–402.

Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993). Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods. *Wallingford: CAB International, 2ed., 221p*.

Anonim, (2013). Kastamonu Orman Bölge Müdürlügü, Samatlar Orman İsletme Müdürlügü, Aksudere Orman İsletme Sefligi Amenajman Planı.

Ares, A., Terry, T.A., Miller, R.E., Anderson, H.W., & Flaming, B.L.(2005). Ground-Based Forest Harvesting Effects on Soil Physical Properties and Douglas-Fir Growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 2005, 69, 1822–1832.

Arvidsson, J. (1999). Nutrient uptake and growth of barley as affected by soil compaction. *Plant and soil*, *208*(1), 9-19.

Aykut, T., (1986). Orman Ürünlerinin Taşınmasında Mekanizasyon ve Verimler, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği i. Ulusal Sempozyumu, MPM Yayın No. 339, s. 130-158, Bolu

Ballard, TM. (2000). Impacts of forest management on northern forest soils. Forest Ecology and Management 2000;133:37–42.

Baydemir, B. (2020). Performans Ölçüm Yöntemleri. Paramedikler için Fiziksel Uygunluk, Beslenme, Spor ve Egzersiz, s, 124.

Bayoglu, S. (1972). Türkiye'de Orman Nakliyatı ve Geliştirilmesi İmkanları Üzerine Bir Etüd, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul, 1747/185, 73.

Bayoğlu, S., Acar, H.H. & Şentürk, N., 1993. Dağlık Arazide Bölmeden Çıkarma Araçlarında Maliyet Analizi ve Minimum Çalışma Süresinin Araştırılması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B, 43, 1-2, 45-56 s.

Bayoğlu, S., (1996). Orman Nakliyatının Planlanması, ı.o. Yayın No.3941, İ.Ü. Fen

Bayoglu, S. (1996-a). Orman Makinaları Bilgisi Ders Notları, İstanbul.

Bayoglu, S. (1996-b). Orman Nakliyatının Planlanması, i.Ü. Yayın No: 3041, i.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yaym No: 8, İstanbul.

Bayram, B. Ç. (2020). Evaluation of Forest Products Trade Economic Contribution by Entropy-TOPSIS: Case Study of Turkey. *BioResources*, *15*(1), 1419-1429.

Bejarano, M. D., Villar, R., Murillo, A. M., & Quero, J. L. (2010). Effects of soil compaction and light on growth of Quercus pyrenaica Willd.(Fagaceae) seedlings. *Soil and Tillage Research*, *110*(1), 108-114.

Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications*, *39*(17), 13051-13069.

Blagojević, B., Jonsson, R., Björheden, R., Nordström, E. M., & Lindroos, O. (2019). Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in Forest Operations–an Introductional Review. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, *40*(1), 191-2015.

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, *5*, 363-375.

Boran, F.E., Genç, S., Kurt, M. & Akay, D. (2009) "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method", Expert Systems with Applications, 36(8), ss.11363- 11368

Bolat, İ., Melemez, K., & Özer, D. (2015). The influence of skidding operations on forest soil properties and soil compaction in Bartin, Turkey. *European Journal of Forest Engineering*, *1*(1), 1-8.

Brais, S. (2001). Persistence of soil compaction and effects on seedling growth in Northwestern Quebec. *Soil Science Society of America Journal, 65*, 1263-1271.

Brugha, C. M. (2004). Structure of multi criteria decision making. Journal of the Operational Research Society. 55, 1156-1168.

Botta, G., Pozzolo, O, Bomben, M., Rosatto, H., Rivero, D., Ressia, M., Tourn, M.; Soza, E., Vázquez, J. (2007). Traffic alternatives in harvest of soybean (Glycine max L.): Effect on yields and soil under direct sowing system. Soil Tillage Res. 2007, 96, 145–154.

Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal*, *54*(5), 464-465.

Brown, S., & Lugo, A. E. (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil*, *124*(1), 53-64.

Caliskan, E., Bediroglu, S., & Yildirim, V. (2019). Determination forest road routes via GIS-based spatial multi-criterion decision methods. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(1), 759-779.

Cambi, M., Certini, G., Neri, F., Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: A review. For. Ecol. Manag. 2015, 338, 124–138.

Cambi, M., Hoshika, Y., Mariotti, B., Paoletti, E., Picchio, R., Venanzi, R., Marchi, E. (2017). Compaction by a forest machine affects soil quality and Quercus robur L. seedling performance in an experimental field. For. Ecol. Manag. 2017, 384, 406–414.

Cambi, M., Mariotti, B., Fabiano, F., Maltoni, A., Tani, A., Foderi, C., Laschi, A., Marchi, E. (2018). Early response of Quercus robur seedlings to soil compaction following germination. Land Degrad. Dev. 2018, 29, 916–925.

Ceylan, A. (2018). *Şirketlerin Topsis Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirmesi: Bist3o Üzerine Bir Uygulama* (Doctoral Dissertation, İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü).

Chen, S. J., & Hwang, C. L. (1992). Fuzzy multiple attribute decision making methods. In *Fuzzy multiple attribute decision making* (pp. 289-486). Springer, Berlin, Heidelberg.

Chen, C.T., Lin, C.T., & Huang, S.F. (2006) "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management", International Journal of Production Economics, 102(2), ss.289-301.

Chen, W., Jia, X., Zha, T., Wu, B., Zhang, Y., Li, C., ... & Chen, G. (2013). Soil respiration in a mixed urban forest in China in relation to soil temperature and water content. European journal of soil biology, 54, 63-68.

Chu, T. C. (2002). Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, *10*(06), 687-701.

Coyette, H., Schenk, C.(2019). Agriculture, Forestry and Fishery Statistics; Cook, E., Ed.; Eurostat: Luxemburg, 2019; pp. 83–99. ISBN 9789279330056.

Croke, J., Hairsine, P., & Fogarty, P. (2001). Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time Forest Ecology and Management, 143 (2001), pp. 3-12

Çakir, S., & Perçin, S. (2013). Çok kriterli karar verme teknikleriyle lojistik firmalarinda performans ölçümü/Performance measurement of logistics firms with multi-criteria decision making methods. *Ege Akademik Bakis*, *13*(4), 449.

Çatı, K., Es, A., & Özevin, O. (2017). Futbol Takımlarının Finansal ve Sportif Etkinliklerinin Entropi ve TOPSIS Yöntemiyle Analiz Edilmesi: Avrupa'nın 5

Büyük Ligi ve Süper Lig Üzerine Bir Uygulama. International Journal of Management Economics & Business, 13(1), 199-222.

Çınar, Y. (2004). Çok Nitelikli Karar Verme ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Daddow, R. L. (1983). *Growth-limiting soil bulk densities as influenced by soil texture*. Watershed Systems Development Group, USDA Forest Service.

DeArmond, D., Ferraz, J., Emmert, F., Lima, A. J. N., & Higuchi, N. (2019). An Assessment of Soil Compaction after Logging Operations in Central Amazonia. Forest Science.

Demir, M., (2002). Bolu Mıntıkasında Orman Yol Sebeke ve Nakliyat Planlarının Bilgisayar Ortamında Düzenlemesi, Doktora Tezi, _stanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demir, M., Makineci, E., & Yilmaz, E. (2007). Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (Quercus petrea L.) stand. Building and Environment, 42(3), 1194-1199.

Demireli, E. (2010). "TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama", Girişimcilik Girişimcilik Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi ve Kalkınma Dergisi ve Kalkınma Dergisi, 5:1, 101- 112.

Dominati, E., Patterson, M., Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecol. Econ. 69, 1858–1868.

Dykstra, D.P. & Heinrich, R., (1996). FAO Model Code of Forest Harvesting Practice, FAO Publacitions, Rome, 85 p.

Eker, M. (2004). Ormancılıkta Odun hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyon Planlama Modelinin Gelistirilmesi, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 239 s.

Eker, M.,& Acar, H. H. (2006). Ormancılıkta odun hammaddesi üretiminde yıllık operasyonel planlama modelinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *10*(2), 235-248.

Eker, M.,& Acar, H. (2019). Operational planning method for timber harvesting.

Eliasson, L.(2005). Effects of forwarder tyre pressure on rut formation and soil compaction. Silva Fenn. 2005, 39, 549–557.

Enez, K., & Arıcak, B. (2012). Ağaç Hasat Makinesine Ait Teknik ve Çalışma Koşullarının Değerlendirilmesi. Journal of Science and Engineering, Kahramanmaras Sutcu Imam University, Specia, (2012), 108-114.

Enez, K., Aricak, B., & Sariyildiz, T. (2015). Effects of harvesting activities on litter decomposition rates of scots pine, trojan fir, and sweet chestnut. Šumarski list, 139(7-8), 361-367.

Engür, M.O. (1992) Orman işlerinde ergonomik kontrol listeleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B(42):3-4, s. 132-146.

Erdaş, O., (1987). Uygulama Açısından Türkiye'de Odun Hammadesi Üretimi ve Orman Yollarında Transport ilişkileri, K. T.Ü. 0.F. Dergisi. LO, 1-2 .s. 51-63, Trabzon.

Erdaş, O., & Acar, H. H. (1993). Türkiye' de Odun Hammaddesi Üretimi Özellikle Kesim, Bölmeden Çıkarma ve Taşıma Sırasında Karşılaşılan Güçlükler ve Bunların Orman Ürünleri Endüstrisi Üzerine Etkileri, II. Ulusal Orm. Ürü. End. Kongresi, Trabzon.

Erdaş, O., (1997). "Orman Yolları – Cilt I", KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 187, 25, Trabzon, 390 s.

Erdaş, O., Yılmaz, H., Akay A. E. & Gümüs S., 2007. Ormancılıkta Üretim İslerinin CBS Teknikleri Yardımı İle Planlanması, Proceedings of International Symposium Bottlenecks, Solutions. And Priorities in the Context of Functions of Forest Resource, October 2007, _stanbul, 322-329 p.

Erdaş, O., (2008). Transport Teknigi. K.S.Ü. Rektörlügü Yayın, 130, Ders Kitabı, 20, Kahramanmaras.

Erdaş, O., Acar, H.H.,& Eker, M. (2014). Orman Ürünleri Transport Teknikleri. Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi Yayınları. Yayın No: 233, Fakülte Yayın No: 39, 504s..

Erçetin, Y. (1993). Diskriminant Analizi ve Bankalar Üzerine Bir Uygulama. *Türkiye Kalkınma Bankası AŞ, APM/28,(KIG-26)*, 1-2.

Eroğlu, H., (1997). Artvin Yöresinde Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Koller K300 Kısa Mesafeli Orman Hava Hattının Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 112 s.

Eroğlu, H., Sarıyıldız, T., Küçük, M., & Sancal, E. (2010). Doğu ladini meşcerelerinde bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının fiziksel özellikleri üzerine

etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A*, (1), 30-42.

Eroğlu, H., & Özmen, T. (2010). Hayvan Gücü İle Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Verimlilik Açısından İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. 20-22 Mayıs, 2010, Artvin. Cilt 2: 554-563.

Eroğlu, H., (2012). Dağlık Arazide Farklı Bölmeden Çıkarma Tekniklerinin Orman Toprağının Sıkışmasına Etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 13(2):213-225.

Eroğlu, H., Sariyildiz, T., Küçük, M., & Sancal, E. (2016). The effects of different logging techniques on the physical and chemical characteristics of forest soil. *Baltic For*, *22*(1), 139-147.

Espahbodi, K.,& Eghtesadi, A. (2019). Environmental Effects of Skidder Traffic and Skidding Directions on Forest Soil Compaction and the Regeneration Establishment Condition in Choob-e-Farim Forests. Ecology of Iranian Forest, 7(14), 22-30.

Frey, B., Kremer, J., Rüdt, A., Sciacca, S., Matthies, D., & Lüscher, P. (2009). Compaction of forest soils with heavy logging machinery affects soil bacterial community structure. Eur. J. Soil Biol. 2009, 45, 312–320.

Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., ... & Muys, B. (2007). Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of southern Anatolia, Turkey. *Forest Ecology and Management*, *247*(1-3), 18-25.

Gebauer, R. (2012). Martinkova, M. Effects of pressure on the root systems of Norway spruce plants (Picea abies [L.] Karst.). J. For. Sci. 2012, 51, 268–275.

Genç, T., & Masca, M. (2013). TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile elde edilen üstünlük sıralamalarının bir uygulama üzerinden karşılaştırılması.

Greacen, E.L. (1980). Sands, R. Compaction of forest soils. A review. Soil Res. 1980, 18, 163–189.

Gülci, N., (2014). Üretim Planlamasında Hassas Ormancılık Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş. 264.

Gürtan, H. (1975). Dağlık ve Sarp Arazili Ormanlarda Kesim ve Bölmeden Çıkarma İşlerinde Uğranılan Kayıpların Saptanması ve Bu İşlemlerin Rasyonalizasyonu Üzerine Araştırmalar, TÜBİTAK Yayınları, 95 s.

Gümüş S. & Türk Y. (2010). Bölmeden Çıkarmada Sürütme İzleri Ve Çevresel Sorunları III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 535-543 s.

Gümüş S. (2013). Ormancılık Uygulamaları-I Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Greulich, F. R. (1999). A primer for timber harvesting.

Gülsoy, S., Özkan, G., Özkan, K., & Genç, M. (2013). Menengiç (Pistacia terebinthus L. subsp. palaestina (Boiss.) Engler) meyvelerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ekolojik faktörlerin etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A*, *14*(1), 15-23.

Gülçur, F. (1974). Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, 1. Baskı, İstanbul Üniversitesi, 1970, Orman Fakültesi Yayın No:201, İstanbul.

Günel, H. Alptekin. (1977). Faktör Analizi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B Cilt:27, sayı:1 Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Haas, J., Schack-Kirchner, H., & Lang, F. (2020). Modeling soil erosion after mechanized logging operations on steep terrain in the Northern Black Forest, Germany. European Journal of Forest Research, 1-17.

Halaç, O. (2001). Kantatif karar verme teknikleri. 5. Basım, Alfa Yayınları: 222, Melisa Matbaacılık, İstanbul, 550.

Heinimann, H., (2007). Forest operations engineering and management – the ways behind and ahead of a scientific discipline. Croat. J. For. Eng. 28, 107–121.

Heninger, R., Dobkowski, A., Anderson, H., Duke, S., Scott, W., & Miller, R.(2002). Soil disturbance and 10-year growth response of coast Douglas-fir on nontilled and tilled skid trails in the Oregon Cascades. Can. J. For. Res. 2002, 32, 233–246.

Hillel, D., (1998). Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego, CA.

Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., & Becker, S., (2007). Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. For. Ecol. Manage. 248, 56–63.

Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of educational psychology*, *24*(6), 417.

Hwang CL & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making – Methods and applications. Berlin: Springerverlag.

İpek, Merih. (1988). Betimsel İstatistik, İstanbul, Beta Basın Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul.

Irmak, A. (1954). Arazide ve laboratuvarda toprağın araştırılması metodları.

Jaafari A, Najafi A, & Zenner EK (2014). Ground-based skidder traffic changes chemical soil properties in a mountainous Oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) forest in Iran. J Terramech 55:39–46.

Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E., & Tveite, B. (2000). Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands Forest Ecology Management, 129 (2000), pp. 41-51

Jia, D., Dong, X., & Li, Y. (2020). Effect of strip harvesting on bacterial diversity of forest soils in the Daxing'an Mountains. *Soil Science Society of America Journal*, *84*(2), 512-521.

Jolliffe, I. T. (2002). Principal components in regression analysis. Principal component analysis, 167-198.

Jourgholami, M., Khajavi, S., & Labelle, E R. (2020). Recovery of Forest Soil Chemical Properties Following Soil Rehabilitation Treatments: an Assessment Six Years after Machine Impact. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 41(1), 163-175.

Johnstone, J.F., Allen, C.D., Franklin, J.F., Frelich, L.E., Harvey, B.J., Higuera, P.E., Mack, M.C., Meentemeyer, R.K., Metz, M.R.,& Perry, G.L. (2016). Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. Front. Ecol. Environ. 2016, 14, 369–378.

Kalkınma Bakanlığı, (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Ormancılık ve Orman Ürünleri Raporu. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No: KB: 2988 - ÖİK: 770, Ankara.

Karaman, A. (1997). Dogu Karadeniz Yöresinde Farklı Çalısma Kosullarında Kesim ve Sürütme işlerinde isgüçlügü Kriterlerinin Arastırılması ve Verim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

Karaman, A. (2001). Odun Hammaddesi Kesim ve Nakliyatı, Kafkas Üniversitesi, Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No:4, Artvin.

Kara, Ö., & Bolat, İ. (2007). Influence of soil compaction on microfungal community structure in two soil types in Bartin Province, Turkey. *Journal of basic microbiology*, *47*(5), 394-399.

Kooch, Y., Mehr, M. A., & Hosseini, S. M. (2020). The effect of forest degradation intensity on soil function indicators in northern Iran. *Ecological Indicators*, *114*, 106324.

Korkmaz, M. (2012). Orman işletmelerinde iktisadilik düzeyinin TOPSIS yöntemi ile analizi. *Turkish Journal of Forestry; Vol 13, No 1 (2012); 14-20*.

Kovácsová P.,& Antalová M. (2010). Precision Forestry - Definition and Technologies. Journal of Forestry Society of Croatia, 134(11-12): 603-611.

Kozlowski, T.(1999). Soil Compaction and Growth of Woody Plants. Scand. J. For. Res. 1999, 14, 596–619.

Kramer, K., Brang, P., Bachofen, H., Bugmann, H., Wohlgemuth, T.(2014). Site factors are more important than salvage logging for tree regeneration after wind disturbance in Central European forests. For. Ecol. Manag. 2014, 331, 116–128.

Lai, Y. J., Liu, T. Y., & Hwang, C. L. (1994). Topsis for MODM. *European journal of operational research*, *76*(3), 486-500.

Lee, E., Li, Q., Eu, S., Han, S. K., & Im, S. (2020). Assessing the impacts of log extraction by typical small shovel logging system on soil physical and hydrological properties in the Republic of Korea. Heliyon, 6(3), e03544.

Leverkus, A.B., Rey Benayas, J.M., Castro, J., Boucher, D., Brewer, S., Collins, B.M., Donato, D., Fraver, S., Kishchuk, B.E., & Lee, E.J.(2018). Salvage logging e ects on regulating and supporting ecosystem services—A systematic map. Canad. J. For. Res. 2018, 48, 983–1000.

Li, D., Jiang, J., Yan, C., Zhang, M., Zhao, Y., Xiang, Y., ... & Zhao, X. (2020). Ecological Heavy Metals Risk of Saline Lake Sediments in Northwestern China. *Polish Journal of Environmental Studies*, *29*(4).

Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Yang, H., & Gao, C. (2011). Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. Procedia Engineering, 26, 2085-2091.

Makineci, E., Demir, M., & Yilmaz, E. (2007). Long-term harvesting effects on skid road in a fir (Abies bornmulleriana Mattf.) plantation forest. *Building and Environment*, *42*(3), 1538-1543.

Mariotti, B., Hoshika, Y., Cambi, M., Marra, E., Feng, Z., Paoletti, E., & Marchi, E. (2020). Vehicle-induced compaction of forest soil affects plant morphological and physiological attributes: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, *462*, 118004.

Mendoza A. G., & Prabhu R. (2000). Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteriaand indicators: A case study. Forest Ecologyand Management, 131, 107-126.

Miller, R. E., Colbert, S. R., & Morris, L. A. (2004). *Effects of heavy equipment on physical properties of soils and on long-term productivity: a review of literature and current research*. NCASI.

Missanjo, E.,& Kamanga-Thole, G. (2014). Impact of site disturbances from harvesting and logging on soil physical properties and Pinus kesiya tree growth. International scholarly research notices, 2014.

Naghdi, R.,& Solgi, A.(2014). Effects of skidder passes and slope on soil disturbance in two soil water contents. Croat. J. For. Eng. 2014, 35, 73–80.

Naghdi, R., Solgi, A., & Ilstedt, U. (2016). Soil chemical and physical properties after skidding by rubber-tired skidder in Hyrcanian forest, Iran. Geoderma, 265, 12-18.

Naghdi, R., Solgi, A., Labelle, E.R. (2016). Influence of ground-based skidding on physical and chemical properties of forest soils and their effects on maple seedling growth. Eur J Forest Res 135, 949–962 (2016). https://doi.org/10.1007/s10342-016-0986-3.

Nasiri, M., Lotfalian, M., & Taheri, E. (2012). Effect of skidding operation on organic carbon of forest soil. International Journal of Biology, 4(3), 13.

Nazari, M., Horvat, M., Joergensen, R. G., & Peth, S. (2020). Soil organic matter mobilization by re-compaction of old forest skid trails. European Journal of Soil Biology, 98, 103173.

Nilsson, H., Nordström, E. M., & Öhman, K. (2016). Decision support for participatory forest planning using AHP and TOPSIS. *Forests*, *7*(5), 100.

OGM, (2017). Orman Genel Müdürlüğü 2017 Yılı İdare Faaliyet Raporu, Şubat 2018, Ankara.

OGM, (2019). Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 310 Sayılı Tebliğ, Ankara.

OGM, (2019). Orman Genel Müdürlüğü 2018 Yılı Faaliyet Raporu.

OGM, (2019). Orman Genel Müdürlüğü 2019 Yılı Mali Tablolar Raporu.

Olson, D.L. (2004). Comparing of weights in TOPSIS models. Mathematical and Computer Modelling.

Okatan, A., Ünver, S., Aydın, M., & Acar, H. H. (2011). The Impacts on Forest Soil of Ground-based Skidding by Manpower During Logging Activities.

Ömürbek, N. & Şimşek, A. (2014). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci yöntemleri ile online alışveriş site seçimi, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi,* 22, 306-327.

Ömürbek, N., & Mercan, Y. (2014). İmalat alt sektörlerinin finansal performanslarının TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *4*(1), 237-266.

Özdağoğlu, A., Yakut, E., & Bahar, S. (2017). Türk Bankacılık Sektörünün Performans Değerlendirmesinde Entropik Ağırlıklarla Veri Zarflama Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, *18*(1), 1-28.

Özdamar, K. (1999). Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler). Eskişehir: ETAM A.Ş. Matbaa Tesisleri.

Özkan, K. (2009). Toprağın Tarla Kapasitesi Değişiminin Toprak Türüne Göre Temel Bileşenler Regresyon Analizi İle Modellenmesi. *Turkish Journal of Forestry; Sayı: 2 (2009); 1-9*.

Öztel, A., Köse, M. S. & Aytekin, İ. (2012). Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansının Ölçümü İçin Çok Kriterli Bir Çerçeve: Henkel Örneği. Journal of History Culture and Art Research, 1(4), 32-44.

Öztürk, T., & Akay, A. E. (2007). Tarım Traktörlerinin Orman Ürünlerinin Üretiminde Kullanılmak Üzere Modifiye Edilmesi. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, *54*(1).

Öztürk, T., & Hasdemir, M. (2010). Valmet 911 Üretim Makinesinin Teknik Özellikleri Ve Çalışma Prensipleri, III. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22.

Öztürk, A., & Türker, M. F. (2010). Devlet orman işletmelerinin gruplandırılmasında çok değişkenli istatistiksel analizlerin kullanımı.

Öztürk, U. Ö. (2009). Dağlık arazideki ladin meşcerelerinde farklı bölmeden çıkarma yöntemlerinin çevresel açıdan irdelenmesi üzerine bir araştırma (Master's thesis, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Öztürk, T. (2016). The effects on soil compaction of timber skidding by tractor on skid road in plantation forest in northern Turkey. Šumarski list, 140(9-10), 485-490.

Özyuvacı, N., (1971).Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tesbitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler. İ.Ü. Orman Fak. Derg. B, 21,1 s. 190-207.İstanbul.

Payá, T.I. D.A., Lopes, E.D.S., Cavalieri-Polizeli, K.M.V., Koehler, H.S., Muller, M. M.L., & Silva, M.K.C.D. (2019). Effect Of Traffıc Intensıtıes Of A Dırectıonal Feller And Skıdder On The Compactıon Of A Bruno Nıtısol. Revista Árvore, 43(1).

Pearson, K. (1901). LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, *2*(11), 559-572.

Perçin, S. & Sönmez, Ö. (2018. Bütünleşik Entropi Ağırlık ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Türk Sigorta Şirketlerinin Performansının Ölçülmesi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 18. EYİ Özel Sayısı, 565-582.

Pinard, M.A., Barker, M.G., & Tay, J.(2000). Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia Forest Ecology Management, 130 (2000), pp. 130-225.

Pischeda, D. (2004). Technical Guide on Harvesting and Conservation of Storm Damaged Timber. 2004. Available online: https://videntjenesten.ku.dk/filer/Technical-Guide-on-harvesting-and-conservation-of-storm-damagedtimber.

Praveenkumar, G. D., & Sathishkumar, G. (2016). Application of cancer data using topsis methods. *International Journal*, *5*(4).

Proto, A. R., Macrì, G., Sorgonà, A., & Zimbalatti, G. (2016). Impact of skidding operations on soil physical properties in southern Italy. Contemp Eng Sci, 9(23), 1095-1104.

Powers, R.F., Scott, D.A., Sanchez, F.G., Voldseth, R.A., Page-Dumroese, D., Elioff, J.D.,& Stone, D.M., (2005). The North American long-term soil productivity experiment: findings from the first decade of research. For. Ecol. Manage. 220, 31–50.

Raper, R.L. (2005). Agricultural traffic impacts on soil. J. Terramech. 42, 259–280.

Roszkowska, E. (2011). Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. *Multiple Criteria Decision Making/University of Economics in Katowice*, *6*, 200-230.

Russell, F., & Mortimer, D. (2005). *A review of small-scale harvesting systems in use worldwide and their potential application in Irish forestry* (p. 56). Dublin: COFORD.

Sağlam, M. (2013). Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, *2*(1), 7-14.

Sancal, E. (2010). *Artvin yöresindeki bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının bazı özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi* (Master's thesis, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Sariyildiz, T., Savac, G., & Asghar Jawed, A. (2017). Variation in Some Soil Properties and Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stock Capacities of Anatolian Chestnut: In Relation to Soil Depths and Altitudes.

Scalenghe, R., Certini, G., Corti, G., Zanini, E., & Ugolini, F.C. (2004). Segregated ice and liquefaction effects on compaction of fragipans. Soil Sci. Soc. Am. J. 68, 204–214.

Seçkin. Ö.B. (1983). Türkiye'de Bölmeden Çıkarma İşlerinin Mekanizasyonu Çalışmaları, ı.o. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 33, Sayı 1, İstanbul.

Seidl, R., Schelhaas, M.J., Rammer, W., Verkerk, P.J.(2014). Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. Nat. Clim. Chang. 2014, 4, 806–810.

Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., & Tarokh, M. J. (2011). A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, *38*(10), 12160-12167.

Shabani, S., Najafi, A., Majnonian, B., Alavi, J., & Sattarian, A. (2019). Spatial prediction of soil disturbance caused by forest logging using generalized additive models and GIS. European Journal of Forest Research, 138(4), 595-606.

Shannon, C.E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal, 27(3), 379-423.

Soba, M.,K.Eren. 2(011). TOPSIS Yöntemini Kullanarak Finansal ve Finansal Olmayan Oranlara göre Performans Değerlendirilmesi, Şehirlerarası Otobüs Sektöründe Bir Uygulama. Selçuk Üniv. Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 21, 23-40.

Solgi, A., Naghdi, R., Tsioras, P.A., Nikooy, M. (2015). Soil compaction and porosity changes caused during the operation of Timberjack 450C skidder in northern Iran. Croat. J. For. Eng. 2015, 36, 77–85.

Solgi, A., Naghdi, R., & Nikooy, M. (2015)., 21(2), 147-155.

Solgi, A., Naghdi, R., Marchi, E., Laschi, A., Behjou, F. K., Hemmati, V., & Masumian, A. (2019). Impact Assessment of Skidding Extraction: Effects on Physical and Chemical Properties of Forest Soils and on Maple Seedling Growing along the Skid Trail. *Forests*, *10*(2), 134.

Sütçüler, E. (2006). "Gerçek Zamanlı Video Görüntülerinden Yüz Bulma ve Tanıma Sistemi", Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 90 s, 2006.

Tatlidil, H. (1996). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz, Akademi Matbaası, 1. *Baskı, Ankara, Eylül*.

Tolunay, A.(1999). Sosyal Ormancılık. Ders Notu, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.

Tunca, M.Z., Ömürbek, N., Cömert, H.G., & Aksoy, E. (2016). OPEC Ülkelerinin Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Entropi ve MAUT ile Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi. 7.14, 1-12.

Turan, K. K., Özarı, Ç., & Demir, E. (2016). 1992- 2014 Rusya ekonomisinin çok kriterli karar verme sistemi ile performans değerlendirilmesi. Ayrıntı Dergisi (Göller Bölgesi Ekonomi ve Kültür Dergisi), 35, 56-65.

Türk, Y. (2011). Ormancılıkta Endüstriyel Odun Hammaddesinin Tarım TraktörleriyleBölmeden Çıkarılmasında Sürütme Şeritlerinin Optimizasyonu. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 175s.

Türk, Y. (2016). Endüstriyel Odun Hammaddesinin Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin CBS ile Planlanması ve Mevcut Uygulamaların İncelenmesi (Denizli Yöresi Örneği). *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, *12*(2), 153-162.

Üçüncü, T. (2019). Bütünleşik Anp, Topsıs Ve Vıkor Yöntemleriyle Tedarikçi Seçimi: Mobilya Endüstrisinde Bir Uygulama (Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi).

Ünver, S. (2008). Endüstriyel Odun Hammaddesinin İnsan Gücüyle Sürütülmesi Sırasında Ortaya Çıkan Ürün Kayıpları İle Çevresel Zararların Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 138 s.

Uludağ, A. S., & Doğan, H. (2016). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması. *Cankiri Karatekin*

Universitesi Iktisadi ve Idari Bilimler Fakultesi Dergisi= Cankırı Karatekin University journal of the Faculty of Economcs et Admimistrative Sciences., *6*(2), 17-47.

Uludağ, A. S., & Ece, O. (2018). Türkiye'de faaliyet gösteren mevduat bankalarının finansal performanslarının TOPSIS yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, *55*(637), 49-80.

Unver Okan, S., Gümüş, S., & Acar, H. H. (2017). Evaluation of Logging Operations in terms of Sustainable Forest Management. European Journal of Forest Engineering, 3(2), 78-84.

Vahdani, B., Hadipour, H., Sadaghiani, J.S. &Amiri, M. (2010) "Extension of VIKOR method based on interval-valued fuzzy sets", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 47(9-12), ss.1231- 1239.

Varol, T., Emir, T., Akgul, M., Ozel, H. B., Acar, H. H., & Cetin, M. (2020). Impacts of Small-Scale Mechanized Logging Equipment on Soil Compaction in Forests. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1-11.

Venanzi, R., Picchio, R., & Piovesan, G. (2016). Silvicultural and logging impact on soil characteristics in Chestnut (Castanea sativa Mill.) Mediterranean coppice. Ecological Engineering, 92, 82-89.

Vossbrink, J.,& Horn, R. (2004). Modern forestry vehicles and their impact on soil physical properties. Eur. J. For. Res. 123, 259–267.

Yaycılı, A.Ö. (2006). *Temel Bileşenler Analizi için Robust Algoritmalar* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 56 s).

Yuksek, T.,& Yuksek, F. (2009). Effects of clear-cutting alder coppice on surface soil properties and aboveground herbaceous plant biomass. Communications in soil science and plant analysis, 40(15-16), 2562-2578.

Yüksek, T.,& Yüksek, F. (2009). Effects of Clear-Cutting Alder Coppice on Surface Soil Properties and Aboveground Herbaceous Plant Biomass. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40(15-16), 2562-2578.

Yıldırım, M. (1989). Hasat işlerinde sınırlayıcı faktörler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 39(4), 100-116.

Yıldırım, M., (1989/b). Ormancılık İş Bilgisi. İ.Ü. Orman Fak. Yayını, No:404, ISBN 975-404-112-1, İstanbul.

Yilmaz, M., & Talas, M. (2010). Bilgi merkezinde karar verme süreci. Zeitschrift für die Welt der Türken/Journal of World of Turks, 2(1), 197-216.

Yoon, K., & Hwang, C.L. (1981). TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)–a multiple attribute decision making, w: Multiple attribute decision making–methods and applications, a state-of-the-at survey. *Berlin: Springer Verlag*.

Zhang, H., Gu, C. L., Gu, L. W., & Zhang, Y. (2011). The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy–A case in the Yangtze River Delta of China. Tourism Management, 32(2), 443-451.

Ziesak, M. (2006). Precision Forestry - An overview on the current status of Precision Forestry. A literature review. In: "Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests" IUFRO Precision Forestry Conference. 5-10 March. 2006 Technical University Munich. Stellenbosch University, Germany.

Wallbrink, P.J., Roddy B.P., & Olley J.M. (2002). A tracer budget quantifying soil redistribution on hillslopes after forest harvesting Catena, 47 (2002), pp. 179-20.

Wang, L. (1997). Assessment of animal skidding and ground machine skidding under mountain conditions. Journal of Forest Engineering 1997;8(2):57–64.

Williamson, J.R., & Neilsen, W.A. (2000). The influence of forest site on rate and extentm of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. Can. J. For. Res. 30, 1196–1205.

Williamson J.R, & Neilsen W.A. (2003). The effect of soil compaction, profile disturbance and fertilizer application on the growth of eucalypt seedlings in two glasshouse studies. Soil & Tillage Research 2003; 71:95–107.

Wu, J., Sun, J., Lıang, L. & Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon ENTROPY. Expert Systems With Applications, 38 (5), 5162-5165.

EKLER

EKLER

EK 1 Traktör ile sürütme yöntemi için oluşturulan arazi karnesi

BÖLME NUMARASI		EĞİM

MEŞCERE	KORDİNAT 1	KORDİNAT 2

TRAKTÖRLE		
	ÇAP	BOY
TOMRUK 1		
TOMRUK 2		
TOMRUK 3		
TOMRUK 4		
TOMRUK 5		
TOMRUK 6		
TOMRUK 7		
TOMRUK 8		
TOMRUK 9		
TOMRUK 10		

5 TOMRUK SONRASI	TRAKTÖRLE SIKIŞMA							
	TEKERLEK				TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA		1.NOKTA		2.NOKTA	
	0*5	5*10	0*5	5*10	0*5	5*10	0*5	5*10
	TRAKTÖRLE SOLUNUM							
	TEKERLEK				TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA		1.NOKTA		2.NOKTA	

10 TOMRUK SONRASI	TRAKTÖRLE SIKIŞMA							
	TEKERLEK				TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA		1.NOKTA		2.NOKTA	
	0*5	5*10	0*5	5*10	0*5	5*10	0*5	5*10
	TRAKTÖRLE SOLUNUM							
	TEKERLEK				TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA		1.NOKTA		2.NOKTA	

5 gün sonraki solunum			5 gün sonraki sıkışma		
	TEKER	TOMRUK		TEKER	TOMRUK
1			1		
2			2		

10 gün sonraki solunum			10 gün sonraki sıkışma		
	TEKER	TOMRUK		TEKER	TOMRUK
1			1		
2			2		

EK 2 El vinci için oluşturulan arazi karnesi

BÖLME NUMARASI		EĞİM				MEŞCERE	KORDİNAT 1	KORDİNAT 2	
EL VİNCİ									
	ÇAP	BOY							
TOMRUK 1									
TOMRUK 2									
TOMRUK 3									
TOMRUK 4									
TOMRUK 5									
TOMRUK 6									
TOMRUK 7									
TOMRUK 8									
TOMRUK 9									
TOMRUK 10									
5 gün sonraki solunum		5 gün sonraki sıkışma							
1		1							
2		2							
10 gün sonraki solunum		10 gün sonraki sıkışma							
1		1							
2		2							

5 TOMRUK SONRASI	EL VİNCİNDE SIKIŞMA				
	TOMRUK				
	1.NOKTA		2.NOKTA		
	0*5	5*10	0*5	5*10	
	EL VİNCİNDE SOLUNUM				
	TOMRUK				
	1.NOKTA		2.NOKTA		

10 TOMRUK SONRASI	EL VİNCİNDE SIKIŞMA				
	TOMRUK				
	1.NOKTA		2.NOKTA		
	0*5	5*10	0*5	5*10	
	EL VİNCİNDE SOLUNUM				
	TOMRUK				
	1.NOKTA		2.NOKTA		

EK 3 Traktör ile kablo çekimi yöntemi için oluşturulan arazi karnesi

BÖLME NUMARASI		EĞİM				MEŞCERE	KORDİNAT 1	KORDİNAT 2	
KABLOLU									
	ÇAP	BOY							
TOMRUK 1									
TOMRUK 2									
TOMRUK 3									
TOMRUK 4									
TOMRUK 5									
TOMRUK 6									
TOMRUK 7									
TOMRUK 8									
TOMRUK 9									
TOMRUK 10									
5 gün sonraki solunum		5 gün sonraki sıkışma							
1		1							
2		2							
10 gün sonraki solunum		10 gün sonraki sıkışma							
1		1							
2		2							

5 TOMRUK SONRASI	KABLOLUDA SIKIŞMA			
	TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA	
	0*5	5*10	0*5	5*10
	KABLOLUDA SOLUNUM			
	TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA	
10 TOMRUK SONRASI	KABLOLUDA SIKIŞMA			
	TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA	
	0*5	5*10	0*5	5*10
	KABLOLUDA SOLUNUM			
	TOMRUK			
	1.NOKTA		2.NOKTA	

EK 4 Kontrol noktaları için oluşturulan arazi karnesi

BÖLME NUMARASI		EĞİM			MEŞCERE	KORDİNAT 1	KORDİNAT 2
KONTROL				KONTROL SIKIŞMA			
	ÇAP	BOY		1. NOKTA		2.NOKTA	
TOMRUK 1				0*5	5*10	0*5	5*10
TOMRUK 2							
TOMRUK 3				KONTROL SOLUNUM			
TOMRUK 4				1.NOKTA		2.NOKTA	
TOMRUK 5							
TOMRUK 6							
TOMRUK 7							
TOMRUK 8							
TOMRUK 9							
TOMRUK 10							

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı	: Çiğdem ÖZER GENÇ
Doğum Yeri ve Yılı	:Boğazlıyan/1988
Medeni Hali	:Evli
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:cozer@kastamonu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise	: Kayseri (YDA) Lisesi, 2006
Lisans	: K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, 2011
Lisans	: K.T.Ü İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 2011
Yüksek Lisans	: Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, 2015

Mesleki Deneyim

İş Yeri	:Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi (Araştırma Görevlisi), 2012-Devam Ediyor

Yayın Listesi :

Altunel, A. O., Özer Genc, C., & Torun, P. (2016). Assessment of a Salvage Logging Operation after Winter Storms: A Case Study of Ihsangazi Forest Directorate, Kastamonu-Turkey. *European Journal of Forest Engineering*, *2*(1), 41-47.

Altunel, A.O., Ozer Genç, Ç., & Torun, P. (2016). Can Loggıng Be Better Organızed In Envıronmentally Sensıtıve Areas a Case Study of Ihsangazı Forest Dırectorate. 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016):Forest Harvesting and Roading in Environmentally Sensitive Areas (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3105471)

Altunel, A. O., Ozer Genc, C., & Torun, P. (2016). Can Operatıonal Plannıng Help Cut The Cost Of Loggıng A Case Study Of Ihsangazı Forest Dırectorate. 1st

International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016):Forest Harvesting and Roading in Environmentally Sensitive Areas" (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3105596)

Arıcak, B., & Özer, Ç. (2015). "Türkiye'de "A Tipi" Orman Yollarının Planlanabilirliği Üzerine Bir Araştırma" Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu,4-6 Haziran 2015, Ilgaz.

Arıcak, B., & Ozer Genç, Ç. (2015). A Research On Topographıcal Factors Affectıng Technıcal Standards Qualıty Of Forest Roads Case Study Karacaören Forest Management Unıt. The International Conference On Science, Ecology And Technology (Iconsete'2015 – Vienna), 25 – 28 August 2015, Austria. (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:1871773)

Arıcak, B., Enez, K., Ozer Genç, Ç., & Sevik, H. (2016). A Method Study To Determıne Bufferıng Effect Of The Forest Cover On Partıculate Matter And Noıse Isolatıon. "1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016):Forest

Arıcak, B., Ozer Genç, C., & Sen G. (2017). Evaluation of exiting roads in terms of forest management: Küre forest sub-district directorate. IV. Internatıonal Multıdıscıplınary Congress Of Eurasıa (IMCOFE), Rome, Italy (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3644377)

Arıcak, B. & Ozer Genc, C. (2018). Technical Efficiency Evaluation of Forest Roads with Respect to Topographical Factors and Soil Characteristics. Baltic Forestry 24(1): 123-130.

Arıcak, B.,Ören, H., & Ozer Genc, C. (2019). "Determinationof the Efficiency Status of Access to Chestnut Forests (Bozkurt Forest Management Directorate Example)".2nd International Symposium of Forest Engineering and Technologies FETEC 2019 "Human and Nature Oriented Forest Engineering"

Arıcak, B., Ozer Genc, C., Cetin, M., Sevik, H., & Celık, D.A. (2018). A Research On The Usabılıtyof Forest Roads For Ecotourısm. Internatıonal Congress On Engıneerıng And Lıfe Scıence, 26-29 April 2018, Kastamonu/TURKEY, ISBN: 978-605-4697-15-1 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3644413).

Cazan, A. E., Arıcak, B., & Ozer Genc, C. (2020). Determination of Existing Forest Roads Adequacy to Manage Forest Area (Daday Çamlıbel Forest Sub-District Directorate). 1st International Forestry and Nature Tourism Congress 2020, INFONT, 25-27 November. Kastamonu/Turkey

Enez K., Arıcak B., & Özer Ç. (2013). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Orman Yangın İşçilerinin İzometri Kavrama Kuvvetinin Belirlenmesi 27 28 29 Eylül 2013 Balıkesir Üniversitesi 19 Ulusal Ergonomi Kongresi Balıkesir. 19. Ulusal Ergonomi Kongresi, Balıkesir (/)(Yayın No:1870612)

Özer Ç., Arıcak, B., Altunel, A.O., & Enez K. (2014). A Methodological Approach to the Determination of Forest Roads Technical Competence 5th Forest Engineering Conference in Gerardmer France. 5th Forest Engineering Conference in Gerardmer, France" (/)(Yayın No:1870870).

Özer Genç, Ç., Arıcak, B., & Altunel, A.O. (2014). Ormancılıkta Üretim ve Bölmeden Çıkarma Faaliyetlerinin Planlanmasında Lidar Verilerinin Kullanım Olanakları. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, (Yayın No:1871543)

Özer Genç, Ç., & Arıcak, B. (2016). Introducıng Of Effects On Fauna Of Solar Radıatıon On Forest Road By Producıng Of Solar Radıatıon Index Map. International Conference on Forestry and Environment: Challenges and Prospects (Özet Bildiri/)(Yayın No:3106054)

Özer Genç, Ç., & Arıcak, B. (2016). Effect of Aspect and Soil Properties on Forest Road Platform Deformation. Internatıonal Forestrysymposıum IFS 2016 (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3105871)

Özer Genç, Ç. & Arıcak, B. (2016). Uzun Nakliyat Araçlarının Kullanımına Uygun A Tipi OrmanYolu Planlanacak Geçkilerin Belirlenmesi Küre Orman IsletmeSefligi Örnegi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 16(2), 474-484. (Yayın No: 3105084).

Özer Genc, C., Aricak, B., Celık, D.A., Cetın, M., &, Sevık, H. (2017). Effects of The Forest Road Constructıon on Areas Wıth Ecologıcal Value. 1. Uluslararası Sürdürülebılır Turızm Kongresı (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3644418)

Özer Genç, Ç., Arıcak, B., Altunel, A. O., & Enez, K. (2017). IHA Kullanarak Ormanlık Harıtalarının Üretımı Ve Üretımfaalıyetlerının Basarısının Ortaya Konması Üzerıne Bır Çalısma. Uluslararası Tasköprü Pompeıpolıs Bılım Kültür Sanat Arastırmaları Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3644367)

Özer Genc, C., Aricak, B., Cetın, M., &, Sevık, H. (2018). "Investigation of the Effects of Production and Transport Activities in Forestry on Water and Wetlands"Internatıonal Congress On Engıneerıng And Lıfe Scıence, 26-29 April 2018, Kastamonu/TURKEY, ISBN: 978-605-4697-15-1

Özer Genc, C.,& Aricak, B. (2019). A Methodologıcal Approach To The Determınatıon Of Soıl Damage Accordıng To Loggıng Technıques In Conıferous Stands. 2nd Internatıonal Congress On Engıneerıng And Lıfe Scıence, ICELIS, 2019, 11-14 April 2019, Kastamonu/TURKEY.

Özer Genc, C.,& Aricak, B. (2020). Usability of TOPSIS and Entropy Analysis to Determine the Ideal Logging Operation Method in Terms of Soil Damage. 10. Uluslararası Ekoloji Sempozyumu-Ekoloji2020", 26-28 Kasım 2020, Bursa/Türkiye.